

SYMBELT-TELAN BELTINVAIHDON 3D-VISUALISOINTI

Heikki Hyvönen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2010

Mediatekniikka
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) HYVÖNEN, Heikki	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 12.5.2010
	Sivumäärä 47	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi SYMBELT-TELAN BELTINVAIHDON 3D-VISUALISOINTI		
Koulutusohjelma Mediatekniikka		
Työn ohjaaja(t) NIEMI, Kari		
Toimeksiantaja(t) Metso Paper, Movya Imageengineering Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Movya Imageengineering Oy, jolta Metso Paper oli tilannut 3D-animaation paperikoneen puristinosan SymBelt-telan beltinvaihdosta. Opinnäytetyön tavoitteena oli 3D-visualisoida beltinvaihto selkeäksi ja havainnolliseksi animaatioksi Metso Paperin asiakaskoulutukseen.</p> <p>Opinnäytetyön tietoperustassa on kuvattu 3D-visualisointiprojektin eteneminen. Työssä kuvataan, mitä vaiheita visualisointiprojekti sisältää, ja miten ne sijoittuvat tuotantoputkessa. Tietoperustan kuvaamaa tuotantoputkea sovellettiin beltinvaihtoanimaation toteutukseen.</p> <p>Animaatio toteutettiin Metso Paperin toimittamien 3D-mallien pohjalta 3ds Max -visualisointityökalua sekä Mental Ray -renderointimoottoria hyödyntäen. Animaation toteutus aloitettiin siistimällä ja ryhmittelemällä saadut 3D-mallit. Saatujen mallien lisäksi animaatioon mallinnettiin muutamia vaihdossa käytettäviä työkaluja ja laitteita. Tämän jälkeen vaihtotoimenpiteet animoitiin käsikirjoituksena toimineen huolto-ohjekirjan sekä beltinvaihtotapahtuman kuvanneen Powerpoint-esityksen mukaisesti. Animoinnissa hyödynnettiin transformoinnin lisäksi fysiikkamoottoria, jolla beltin käsittelyyn saatiin eloa. Animaation mallit pinnoitettiin Mental Rayn Arch & Design -materiaaleilla, joilla pyrittiin näyttävyyteen ja selkeyteen. Animaation valaistukseksi kokeiltiin useita eri tekniikoita, joista valittiin IBL-tekniikka, jossa ympäristö valaistetaan HDRI-kuvan avulla. Lisäksi hyödynnettiin 3ds Maxin ja Mental Rayn eri valoja. Lopuksi animaatio jälkikäsiteltiin ja julkaistiin hyödyntämällä Adobe Premiere Pro ja After Effects -ohjelmistoja. Beltinvaihtoanimaation toteutuksen eri vaiheet ja käytetyt tekniikat on kuvattu opinnäytetyössä.</p> <p>Työn tuloksena syntyi 3D-animaatio, jossa on kuvattuna SymBelt-telan beltinvaihto. Animaatiosta tuli sekä selkeä että visuaalisesti korkeatasoinen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) 3D, 3ds Max, Mental Ray, teollisuuden visualisointi, animaatio		
Muut tiedot		



Author(s) HYVÖNEN, Heikki	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 12.5.2010
	Pages 47	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission of web publication (X)
Title 3D-VISUALIZATION OF THE BELT CHANGE ON SYMBELT ROLL		
Degree Programme Media Engineering		
Tutor(s) NIEMI, Kari		
Assigned by Metso Paper, Movya Imageneering Oy		
<p>Abstract</p> <p>The assigner of the Bachelor's Thesis was Movya Imageneering Oy, from whom Metso Paper had ordered a 3D-animation of the belt change on Symbelt roll. The goal of the Bachelor's Thesis was to 3D-visualize the belt change into an explicit and coherent animation for Metso Paper's customer training.</p> <p>The progression of a 3D-visualization project is described in the theory section of this Bachelor's Thesis. The Bachelor's Thesis describes what phases there are in a visualization project and how they are placed in the workflow. The workflow introduced in the theory section of the Bachelor's Thesis is then adapted to the visualization process of the belt change animation.</p> <p>The basis of the animation was the 3D-models provided by Metso Paper and the animation was carried out by 3ds Max visualization software and Mental Ray render engine. The project began with cleaning and grouping of the provided 3D-models. In addition to the provided models, some models of tools and devices used in the belt change were modeled from scratch. After that, belt change procedures were animated using maintenance manual and Powerpoint slides considering belt change as a script. In addition to basic transformations, physics engine was used in the animation to blow life into the belt change. The models in the animation were coated with Mental Ray Arch & Design materials for a striking and clear appearance. Many different choices of lighting were considered for the lighting of the animation, but a technique called IBL with some of 3ds Max and Mental Ray lights was chosen. In IBL the scene is illuminated by HDR-image. Finally, the animation was postprocessed and published using Adobe Premiere Pro and After Effects software. The different phases of the creation of the animation are described in this Bachelor's Thesis.</p> <p>The result of the project was a 3D-animation of the belt change on Symbelt roll. The result was both explicit and visually high standard.</p>		
Keywords 3D, 3ds Max, Mental Ray, visualization of industry, animation		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

TERMIT JA LYHENTEET	4
1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT	5
1.1 Toimeksiantaja	5
1.2 Tausta	5
1.3 Tehtävät ja tavoitteet	5
1.4 Ohjelmistovalinnat	6
1.4.1 Autodesk 3ds Max	6
1.4.2 Mental Ray	6
1.4.3 Adobe Premiere Pro	6
1.4.4 Adobe After Effects	7
2 TEOLLISUUDEN VISUALISOINTI	7
2.1 Johdanto visualisointiin	7
2.2 3D-visualisoinnin hyödyntäminen	7
3 3D-VISUALISOINTIPROJEKTIN ETENEMINEN	9
3.1 Yleistä	9
3.2 Määrittely ja suunnittelu	9
3.3 3D-mallintaminen ja esikäsittely	10
3.3.1 3D-avaruus	10
3.3.2 Geometrian luonti	11
3.3.3 Geometrian transformointi ja objektien välinen hierarkia	12
3.3.4 Geometrian muokkaaminen	14
3.3.5 Geometrian siirto 3ds Maxiin CAD-ohjelmistosta	15
3.3.6 Geometrian optimointi	15
3.4 3D-visualisointi 3ds Maxissa	16
3.4.1 Animaatio	16
3.4.2 Materiaalit, shaderit ja kartat	17
3.4.3 Valaistus	19

3.4.4	Kamerat.....	23
3.4.5	Fysiikkamoottorilla animointi	24
3.4.6	Renderöinti	24
3.5	Jälkikäsittely ja julkaisu	25
3.5.1	Vedosten renderöinti ja yhdistäminen	25
3.5.2	Videoeditointi	26
3.5.3	Julkaisu	27
4	HUOLTOANIMAATION TOTEUTUS JA VISUALISOINTI	27
4.1	Projektin läpivienti	27
4.2	Catia-mallien esikäsittely	28
4.3	Huoltotoimenpiteiden animointi	29
4.4	Materiaalien ja shadereiden hyödyntäminen.....	31
4.5	Valojen hyödyntäminen.....	33
4.6	Animaation renderöinti	34
4.7	Animaation leikkaus, jälkikäsittely ja julkaisu	35
5	TYÖN TULOKSET	36
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	38
	Liite 1. Kuvakaappauksia toteutetusta 3D-animaatiosta	38

KUVIOT

KUVIO 1. Visualisointi Vall d'Hebronin sairaalan suorittamasta kasvojensiirrosta (Vall d'Hebron 2010.)	8
KUVIO 2. Visualisointiprojektin eteneminen	9
KUVIO 3. 3ds Maxin perusprimitiiviobjektit	12
KUVIO 4. Käyräviivain ja siitä muodostettu pyörähdyskappale.....	12
KUVIO 5. Lentokoneen liikkuvien osien hierarkia.....	13
KUVIO 6. Kuution geometriaa muokattu aliobjektitasojen transformointityökaluilla	14
KUVIO 7. 3ds Maxin aikajana ja kaksi avainruutua	17
KUVIO 8. Standardimateriaali, MR-kromimateriaali sekä MR-lasimateriaali fotometrisessä alue-valaistuksessa	18
KUVIO 9. Spottivalo, Skylight sekä Daylight-simulaatio.....	21
KUVIO 10. Catiasta käännetty puristinosa	28
KUVIO 11. Projektissa käytettyjä materiaaleja	32

TERMIT JA LYHENTEET

3D-avaruus	= Virtuaaliympäristö, jossa 3D-mallit esitetään
3D-grafiikka	= mallinnettua tietokonegrafiikkaa, joka yleensä käännetään 2D-kuvaksi tai esitetään reaaliaika 3D:nä
CAD	= Computer-Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu
FPS	= Frames Per Second. Kuvanopeus. Kuvaa montako kuvaruutua esitetään sekunnissa
Frame	= Kuvaruutu. Yksi ajanhetki aikajanalla
HDRI	= High Dynamic Range Image.
Keyframe	= Avainruutu. Avainruudut kuvaavat objektin senhetkisen tilan. Kahden avainruudun väliin muodostuu animaatio
Mallinnus	= Geometrian muodostaminen
Optimointi	= Parhaan vaihtoehdon etsiminen
Plugin	= Liitännäinen. Lapsisovellus, joka tarjoaa uusia ominaisuuksia
Polygoni	= Vähintään kolmesta pisteestä muodostuva monikulmio
Ray-tracing	= Säteenseuranta. Säteenseurannalla voidaan laskea esimerkiksi valonsäteiden etenemistä 3D-avaruudessa
Renderöinti	= Kaksiulotteisen kuvan muodostaminen 3D-maailmasta
Simulointi	= Todellisuuden jäljittely
Spline	= Käyräviivain
Storyboard	= Kuvakäsikirjoitus
Teksturointi	= 3D-mallin pinnoittaminen bittikarttakuvalla
Verteksi	= Piste 3D-avaruudessa
Visualisointi	= Tiedon esittäminen graafisin menetelmin

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Movya Imageneering Oy, jolta Metso Paper oli tilannut 3D-animaation SymBelt-telan beltinvaihdosta. Metso on kansainvälinen teknologiakonserni, jonka erikoisosaamista ovat kestävät teknologia- ja palveluratkaisut kaivos-, maarakennus-, voimantuotanto-, automaatio-, kierrätys- sekä massa- ja paperiteollisuudelle. Metso Paper kuuluu Metso konserniin ja sen päätuotteita ovat sellun ja mekaanisen massan valmistuslinjat, paperi- , kartonki- ja pehmopaperikoneet, sooda- ja voimakattilat sekä levyteollisuuden tuotantolinjat.

Movya Imageneering Oy on vuonna 2009 perustettu ICT-alan yritys, joka tarjoaa sisällöllisesti ja visuaalisesti korkeatasoisia ratkaisuja viestinnän, markkinoinnin, tuoteinformaation ja koulutuksen tarpeisiin teollisuuteen.

1.2 Tausta

Tarve 3D-animaatiolle tuli Metso Paperin halusta kehittää asiakaskoulutustaan uudelle tasolle. Videon, kuvien ja kalvojen lisäksi apuna voitaisiin käyttää korkeatasoista ja havainnollista animaatiota. 3D-animaation avulla huoltotoimenpiteitä voitaisiin kuvata tavalla, joihin pelkällä kuvilla, tekstillä tai videolla ei kyettäisi.

1.3 Tehtävät ja tavoitteet

Beltinvaihto tuli kuvata 3D-animaation keinoin ja sitä tulitaisiin käyttämään apuvälineenä asiakaskoulutuksessa. Animaatiot tuli toteuttaa Metso Paperin toimittamien 3D-mallien pohjalta, jotka visualisoitaisiin näyttäväksi ja havainnolliseksi. Työhön oli resursoitu noin 60 työtuntia, jonka lisäksi opinnäytteen tekijä tutustui opinnäytetyöprosessin aikana eri visualisointitekniikoihin ja tietoperustaan. Työn tuli olla valmiina huhtikuun lopulla 2010.

Opinnäytetyön tietoperustassa on kuvattu tuotantoputki asiakkaan suunnittelumallista julkaistuun videoon asti teollisuuden visualisoinnin näkökulmasta. Tietoperustassa kuvattu tuotantoputki on kuvattu niin, että se soveltuu myös toisenlaisiin 3D-visualisoinnin projekteihin. Opinnäytetyön käytännön osuutena toteutettiin valmis 3D-animaatio beltinvaihdosta. Kuvattuna on myös, kuinka tietoperustan tuotantoputkea sovellettiin 3D-animaation toteuttamiseen.

1.4 Ohjelmistovalinnat

1.4.1 Autodesk 3ds Max

Autodesk 3ds Max on 3D-mallinnukseen, animointiin ja renderöintiin tarkoitettu ohjelmistoratkaisu. Sitä käytetään paljon elokuva-, televisio- ja peli-aloilla sekä visualisointityössä. 3ds Maxilla onnistuvat erilaisten mallinnus- ja animointitekniikoiden lisäksi erilaiset simulaatiot, kuten Hair and Fur -hiussimulaatio sekä Cloth-kangassimulaatio. 3ds Maxia pystyy laajentamaan erilaisilla liitännäisillä, joista osa on kaupallisia, osa ilmaisia. 3ds Maxin omalla skriptikielellä, MAXScriptillä, voi myös luoda itse plugineja tai hallita ohjelman eri osa-alueita. (Autodesk 2010.)

Autodesk 3ds Max 2010 valittiin tähän projektiin, koska se vastaa niihin vaatimuksiin, joita huoltoanimaation visualisoinnille on asetettu. Esimerkiksi beltinvaihdossa tarvittiin realistisesti käyttäytyvää kangasta, joka pystyttiin toteuttamaan fysiikkamoottoria hyödyntävällä kangassimulaatiolla. Lisäksi 3ds Max oli ennestään tuttu ja hyväksi havaittu vaihtoehto visualisointiprojekteihin.

1.4.2 Mental Ray

Mental Ray on Mental Imagesin kehittämä renderöintimoottori, joka hyödyntää säteenseurantaa (ray-tracing) laskeakseen automaattisesti tarkan simulaation valaistuksesta. Mental Rayn etu on se, että se kykenee laskemaan säteiden kaikki fyysiset ominaisuudet (esimerkiksi heijastukset ja taittuminen) kerralla, jolloin yleensä selvittää yhdellä renderöinnillä. Mental Ray tarjoaa myös laajan kirjaston erilaisia pintoja (shader), jotka on suunniteltu reaaliaikailman pintamateriaaleja silmällä pitäen ja toimivat fysikaalisesti oikein. Suurinta osaa Mental Rayn ominaisuuksista on kuitenkin mahdollista muokata, jolloin päästään haluttuun lopputulokseen. Mental Ray on ostettavissa erikseen, mutta se myös toimitetaan esimerkiksi Autodesk 3ds Maxin mukana. (Mental Images 2010.)

Mental Ray valittiin projektin renderöintimoottoriksi, koska se on sisällytetty 3ds Max 2010:een ja se on havaittu tehokkaaksi renderöintimoottoriksi aiemmissa projekteissa.

1.4.3 Adobe Premiere Pro

Adobe Premiere Pro on videotuotantoon tarkoitettu ohjelmisto. Premiere Prolla pystyy viemään videoprojektin alusta loppuun, ja se hallitsee useimmat kuva- ja ääniformaatit. Premiere Pro valittiin käytettäväksi ohjelmistoksi, koska se oli opinnäytteen tekijälle entuudestaan tuttu.

1.4.4 Adobe After Effects

Adobe After Effects on liikegrafiikan ja visualiisten tehosteiden luontiin suunniteltu sovellus. After Effectsillä voidaan hallita useimpia kuva- ja ääniformaatteja. Sen sisäänrakennetuilla tehosteilla voidaan helposti toteuttaa monimutkaisiakin animaatioita ja siihen voidaan asentaa kolmansien osapuolien toteuttamia liitännäisiä, joilla tehosteita ja ominaisuuksia saadaan vielä lisää. After Effects otettiin projektiin työkaluksi, koska sillä voitiin toteuttaa opinnäytetyön intro ja outro -osuudet helpommin ja tyylikkäämmin kuin Adobe Premiere Prolla.

2 TEOLLISUUDEN VISUALISOINTI

2.1 Johdanto visualisointiin

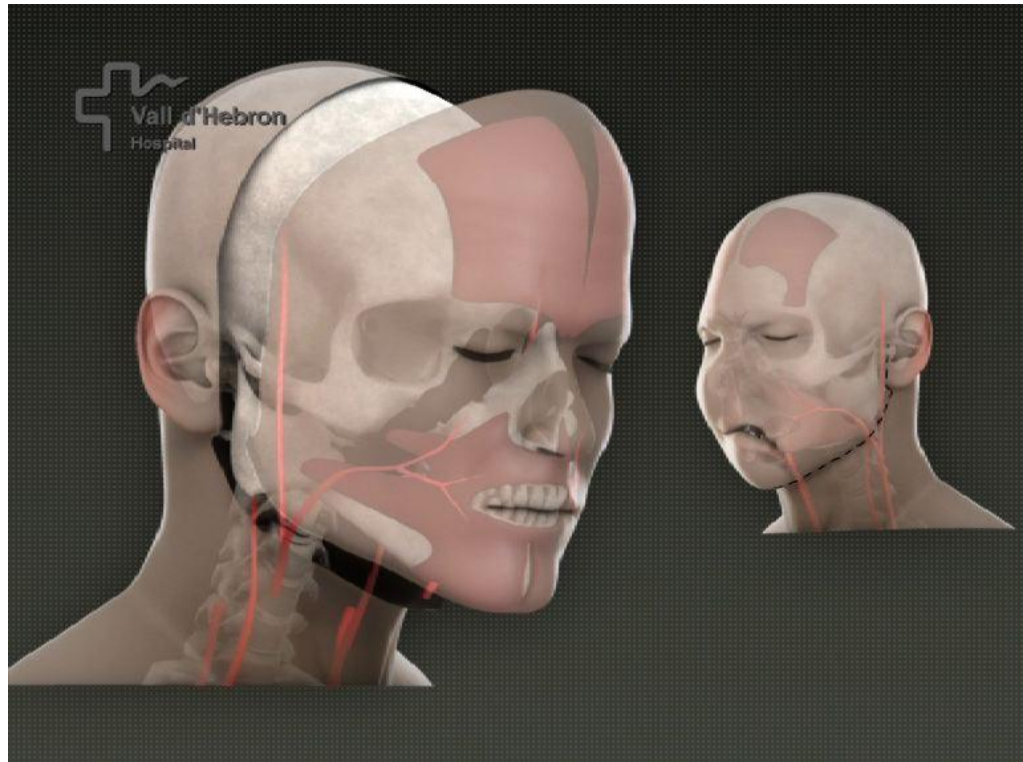
Visualisointi terminä tarkoittaa tiedon esittämistä graafisin menetelmin. Toisin sanoen tieto muutetaan muotoon, jota ihmismielen on helppo ymmärtää. Visualisoinnin yksi suurimpia etuja on sen kyky sisältää suuria määriä tietoa. Kaaviokuvat ovat hyvä esimerkki visualisoinnista, jossa suuri määrä tietoa on esitetty pienessä koossa. Visualisoinnissa tulee kuitenkin muistaa kohderyhmä. Visualisointi voidaan nähdä eräänlaisena kielenä, jota täytyy oppia puhumaan. Ongelmana onkin, että toiset ymmärtävät esimerkiksi kuvia paremmin kuin kaavioita. Täten ei voidakaan yksiselitteisesti osoittaa yhtä visualisointikeinoa paremmaksi kuin toinen. Kaikille visualisointikeinoille on kuitenkin yhteistä se, että niiden tehokkuutta voidaan tehostaa esimerkiksi väreillä, sommittelulla tai liikkeellä. (Ware 2000, 1-35.)

3D-visualisointi on verrattain nuori visualisointikeino. Siitä on kuitenkin tullut korvaamaton apuväline sekä viihteen että teollisuuden alalla. Lisäksi kasvanut koneteho on tuonut 3D-grafiikan koteihin ja arkeen. (Puhakka 2008, 23-24.)

2.2 3D-visualisoinnin hyödyntäminen

3D-visualisointia voidaan soveltaa moneen teollisuuden ja viihteen haaraan. Visualisoinnin avulla voidaan toteuttaa jo suunnitteilla olevista tuotteista, laitteista tai vaikkapa rakennuksista 3D-malleja, joita voidaan tutkia ja jatkokehittää turvallisessa ympäristössä. Vastaavasti 3D-malleja voidaan hyödyntää simulaatioissa ennen oikeaan laitteeseen siirtymistä. Joskus 3D-visualisointi on ainut mahdollinen tai järkevä tapa esittää asia. Esimerkkinä Vall d'Hebronin sairaalan suorittaman kasvojensiirron toteutus esitettiin nopeasti operaation jälkeen uutisissa 3D-visualisointina (ks. KUVIO 1).

Monesti 3D-grafiikkaa yhdistetään esimerkiksi valokuvaan, jolloin 3D-mallinnettu tuote saadaan sijoitettua sille tyypilliseen ympäristöön. Suunnitteilla olevat rakennukset saadaan sijoitettua kuvaan oikealle paikalleen, jolloin katsoja saa käsityksen miltä rakennus ja sen ympäristö tulee valmiina näyttämään. Joskus tuote halutaan kuvata ympäristössä, jolla halutaan herättää katsojassa tiettyjä mielikuvia. Esimerkiksi rakennuksia tai hyvin suuria koneita on mahdotonta siirtää valokuvattavaksi, mutta 3D-visualisoinnin avulla mielikuva saadaan aikaiseksi.



KUVIO 1. Visualisointi Vall d'Hebronin sairaalan suorittamasta kasvojensiirrosta (Vall d'Hebron 2010.)

Viihdeteollisuus on ottanut 3D-grafiikan omakseen, ja tänä päivänä sitä näkee niin mainoksissa kuin kokopitkissä elokuvissakin. 3D-grafiikka mahdollistaakin elokuvissa otokset, jotka on liian vaikeita tai kalliita toteuttaa perinteisin keinoin. Myös peliteollisuus on viimeisen viidentoista vuoden aikana panostanut vahvasti 3D-grafiikkaan ja -visualisointiin. 3D-grafiikan avulla voidaan tänä päivänä luoda kokonaisia virtuaalimaailmoja. Lisäksi peliteollisuus kiihdyttää 3D-grafiikan laitteistojen ja standardien kehitystä. (Puhakka 2008, 24-25.)

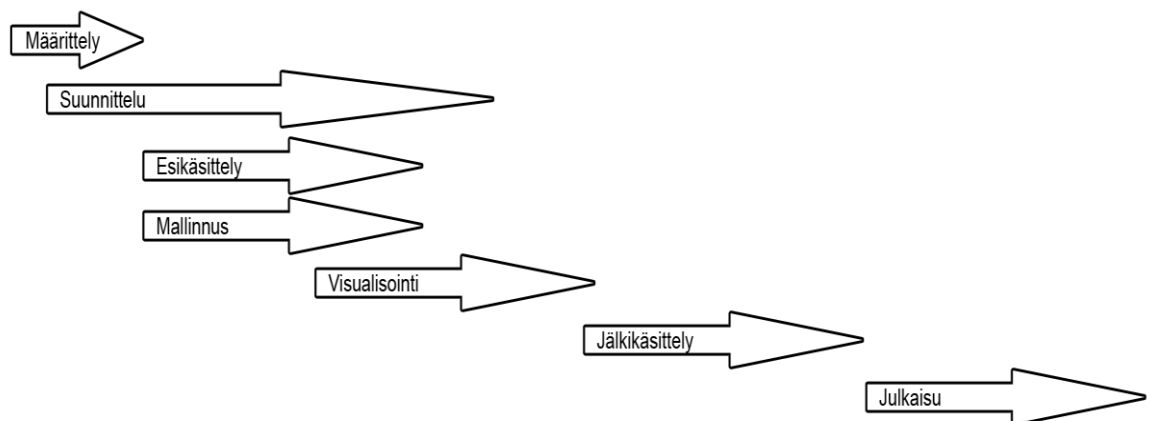
Useimmilta teollisuuden suuryrityksiltä löytyy 3D-mallintajat oman yrityksensä sisältä. Teollisuuden laitteiden ja koneiden mallinnustyössä käytettävät ohjelmat on tarkoitettu

lähinnä tarkkaan suunnittelutyöhön tai simulaatioon. Suunnittelumallien visualisoinnissa käytetäänkin usein visualisointiin suunniteltuja ohjelmistoja, kuten 3ds Maxia, ja tekijöitä, joilla on näkemystä markkinoinnin tai esimerkiksi koulutuksen asettamista vaatimuksista lopputuotteelle.

3 3D-VISUALISOINTIPROJEKTIN ETENEMINEN

3.1 Yleistä

Visualisointiprojekti voidaan nähdä useasta palasesta muodostuvana kokonaisuutena. Projektista voidaan erottaa ainakin seuraavia vaiheita: määrittely, suunnittelu, esikäsittely, mallintaminen, visualisointi, jälkikäsittely ja julkaisu. Käytännössä eri vaiheet voivat edetä päällekkäin, sillä esimerkiksi suunnitteluvaiheessa toteutettava käsikirjoitus voi päivittyä projektin myöhemmissäkin vaiheissa. Samoin esimerkiksi valaistusta voidaan testata jo aikaisessa vaiheessa. Kuviossa 2 on esitetty vaiheiden sijoittuminen putkessa.



KUVIO 2. Visualisointiprojektin eteneminen

3.2 Määrittely ja suunnittelu

3D-visualisoinneista laaditaan usein sopimus, jossa määritellään osapuolien vastuualueet, toimintatavat, kuvaus projektista sekä projektiin käytettävät resurssit ja tätä kautta hinta. Lisäksi usein sovitaan projektista syntyvien tuotteiden omistajuudesta. Visualisointiprojektin alussa onkin tärkeää, että kaikki osapuolet "puhuvat samaa kieltä", kaikki ymmärtävät mihin ollaan ryhtymässä ja mitä on mahdollista toteuttaa projektiin määritellyillä resursseilla.

Resursointi tulee miettiä tarkkaan, sillä 3D-visualisointeja voidaan toteuttaa monella tasolla. Asiakkaan kanssa tulee selvittää, mikä on taso, jolla visualisointi halutaan esittää. Markkinointiin tulevat visualisoinnit halutaan yleensä korkealaatuisina ja näyttävinä, kun

taas esimerkiksi yrityksen sisäiseen levitykseen tarkoitettuun materiaaliin voi riittää yksinkertaisempi ilmaisu. Asiakkaan kanssa määritelty laatutaso heijastuu suoraan projektin vaativuuteen ja tätä kautta hintaan.

Tärkeimpiä varsinaisen visualisointityön suunnitteluvälineitä on käsikirjoitus. Käsikirjoituksen avulla työn toteuttaja, asiakas ja projektin mahdolliset muut osapuolet voivat keskustella yhteisellä kielellä visualisoinnin sisällöstä. Käsikirjoittaminen on nopeaa ja se on halpa keino kokeilla erilaisten ideoiden toimivuutta. Sen avulla voidaan myös todeta visualisoinnin oikeellisuus, ja käsikirjoitusprosessin myötä työn toteuttaja saa hyvän käsityksen ja oppii visualisoinnin kohteesta. (Elokuvantaju 2009.)

Hyödyllinen käsikirjoittamisen apuväline on storyboard eli kuvakäsikirjoitus.

Kuvakäsikirjoituksessa visualisoitavat sekvenssit piirretään paperille. Kuvakäsikirjoituksessa voidaan kuvata sekvenssien rytmitys, kuvakulmat, siirtymät, käytettävät ääniefektit ja musiikki. Kuvien sijaan voidaan käyttää myös tekstiä. Tällöin kerrotaan, mitä kuvia, tekstileikkeitä, musiikkia, ääntä tai vastaavaa mediaa sekvensseissä käytetään. Vastaavasti kerrotaan, miltä sekvenssi näyttää ja miten kohtaukset etenevät. (Woolman 2004, 74-77.)

3.3 3D-mallintaminen ja esikäsittely

3.3.1 3D-avaruus

3D-avaruutta kuvataan kolmen koordinaattiakselin avulla. Kolmiulotteisessa avaruudessa käytetään yleensä kaksiulotteisen koordinaatiston akseleita x ja y sekä lisäksi z-akselia. Kun kaikki kolme akselia ovat toisilleen kohtisuoria, puhutaan karteesisesta koordinaatistosta. Kolmiulotteista koordinaatistoa esitetään usein kahdella eri tavalla. Yleisempi tapa on oikeakätinen koordinaatisto, jossa x-akseli on suunnattu katsojasta oikealle, y-akseli ylös ja z-akseli osoittaa katsojaa kohti. Vasenkätinen koordinaatisto on muuten samanlainen, mutta z-akseli osoittaa katsojasta poispäin. (Puhakka 2008, 29-31.)

Koordinaattien avulla voidaan osoittaa yksittäinen sijainti 3D-avaruudessa. Tätä sijaintia kutsutaan yleensä pisteeksi. Pisteiden sijainti ilmoitetaan laskemalla sen etäisyys origosta, eli koordinaattiakselien leikkauspisteestä, koordinaattiakseleita apuna käyttäen. (Puhakka 2008, 29.)

3ds Max käyttää kolmiulotteista karteesisia koordinaattijärjestelmää. 3ds Maxin koordinaatistosta on hyvä huomata, että sen akselit poikkeavat hieman aiemmin mainitun kaltaisesta. 3ds Maxissa x-akseli osoittaa oikealle, z-akseli ylös ja y-akseli kuvaa syvyyttä. Kun

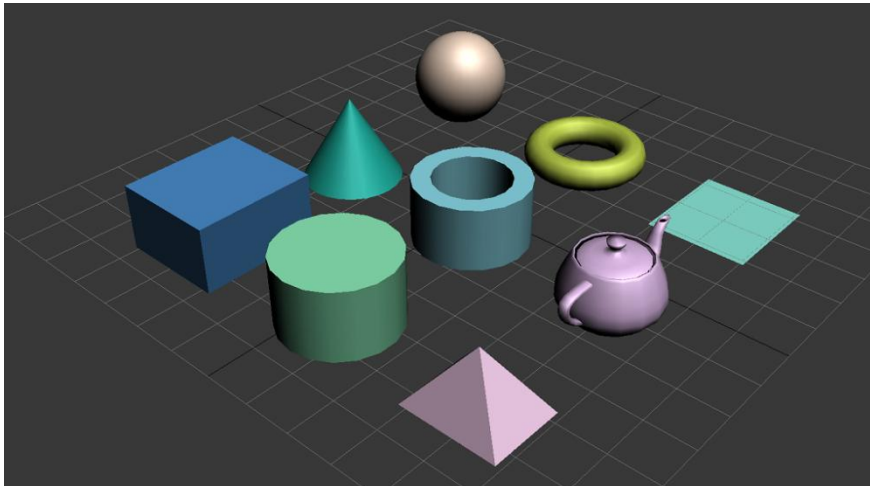
3ds Maxissa luotuja malleja siirretään toisiin ohjelmistoihin, tulee selvittää mitä akselistoa ne käyttävät ja ottaa huomioon mahdolliset muutokset.

3ds Maxissa käytetään kiinteän koordinaattijärjestelmän (World Coordinate System) lisäksi omaa koordinaatistoa (Local Coordinate System) jokaiselle objektille. Kun objekti luodaan, sen koordinaatisto ja kiinteä koordinaatisto ovat linjassa, mutta kun objektia esimerkiksi käännetään, kääntyy sen oma koordinaatisto mukana. (Derakhshani, MacFarland & Munn 2007, 22-23.)

3.3.2 Geometrian luonti

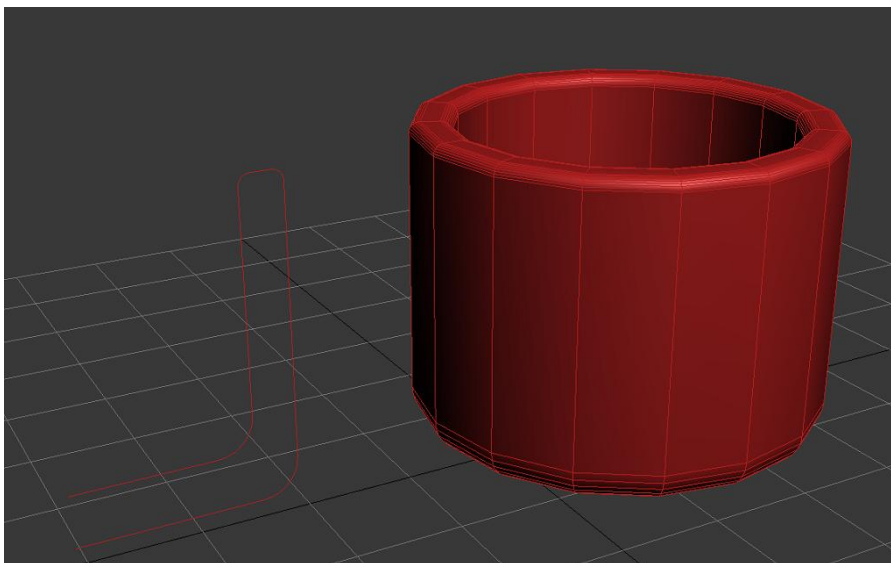
3D-geometria muodostuu polygoneista, 3D-avaruudessa sijaitevien pisteiden muodostamista tasoista. Polygoni on yksinkertaisimmillaan kolmen pisteen (voidaan nähdä myös kolmena viivana) muodostama kolmio. Useita polygoneja yhdistämällä voidaan muodostaa halutunlaisia muotoja ja tätä kautta visualisoinnin kohteita. Esimerkiksi kuutio voidaan toteuttaa vähintään kuudella nelikulmaisella polygonilla, mutta pallon muodostamiseen tarvitaankin jo huomattavasti enemmän polygoneja. Polygoneista muodostettua palloa tarkastellessa huomataankin, että polygonimäärä on hyvin tärkeä tekijä 3D-geometriaa luodessa. Liian vähällä polygonimäärällä pallo näyttää kulmikkaalta, mutta liian suurella polygonimäärällä tietokoneelta kestää kauemmin sen laskemiseen. (Derakhshani ym. 2007, 106-108.)

3ds Maxissa on useita tapoja luoda geometriaa. Ehkäpä yleisin tapa on aloittaa mallinnusprosessi käyttämällä jotain 3ds Maxin primitiiviobjekteista ja muokata sitä halutunlaiseksi. 3ds Maxin perusprimitiiviobjekteja ovat laatikko, kartio, pallo, sylinteri, putki, toorus, pyramidi, teepannu ja taso (ks. KUVIO 3). Mallinnusprosessin alussa kannattaa pohtia, mitä primitiiviobjektia mallinnuksen kohde (tai jokin sen osa) muistuttaa ja lähteä muokkaamaan kyseisestä primitiiviobjektia kohteen kaltaiseksi. Perusprimitiiviobjektien lisäksi 3ds Maxista löytyy laajennettuja primitiiviobjekteja, kuten pyöreäreunaiset laatikko ja sylinteri sekä prisma. (Derakhshani ym. 2007, 108-109.)



KUVIO 3. 3ds Maxin perusprimitiiviobjektit

Toinen tapa luoda geometriaa on käyttää käyräviivaimia (spline). Käyräviivain muodostuu pisteistä ja niitä yhdistävistä segmenteistä, jotka voivat olla suoria tai käyriä. Käyräviivain soveltuu erinomaisesti pyörähdyskappaleiden luontiin (ks. KUVIO 4). Esimerkiksi viinilasi on helppo toteuttaa piirtämällä pystysuunnassa keskeltä katkaistun lasin ääriviivat käyräviivaimilla ja laskemalla siitä pyörähdyskappale. (Derakhshani ym. 2007, 158.)



KUVIO 4. Käyräviivain ja siitä muodostettu pyörähdyskappale

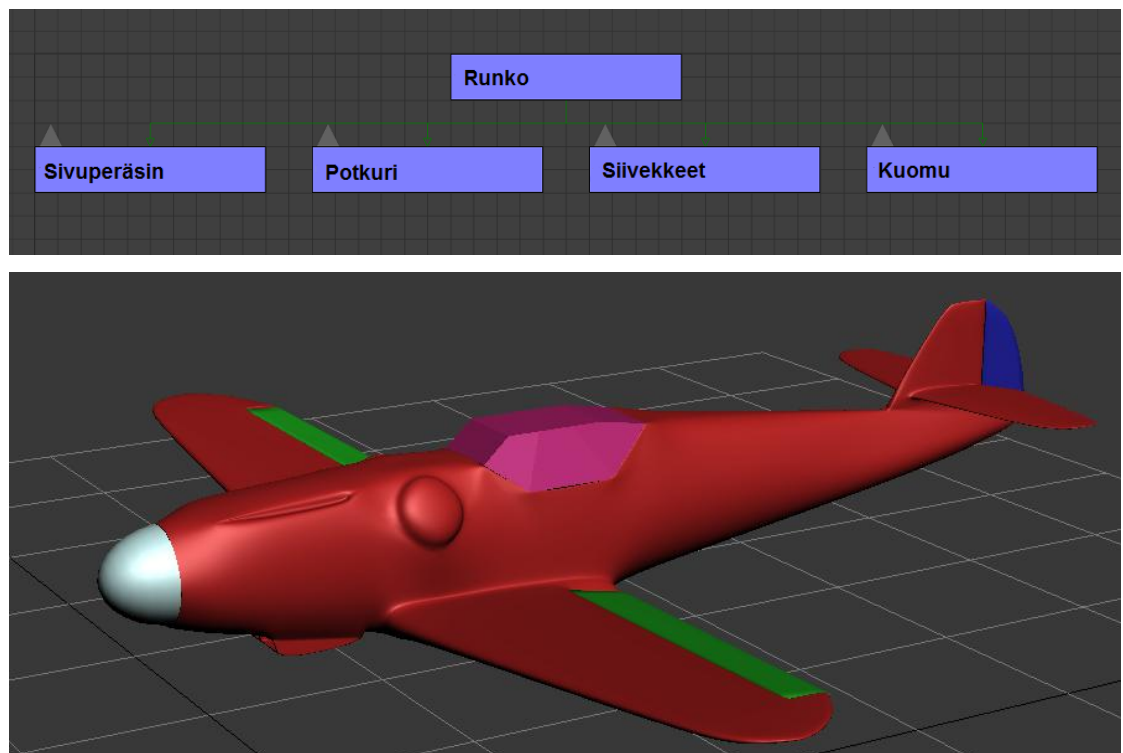
3.3.3 Geometrian transformointi ja objektien välinen hierarkia

3D-geometria saadaan elämään transformoinneilla. Jokaisella objektilla on 3D-avaruudessa kolme perusominaisuutta: paikka, asento ja koko. 3ds Maxissa on kolme perus-transformointityökalua, joilla näitä ominaisuuksia voidaan muuttaa. Liikuttelu-työkalulla objektia voi siirtää 3D-avaruudessa, kääntötyökalulla objekti saadaan haluttuun asentoon ja

skaalaustyökalulla sen kokoa voidaan muuttaa. (Cusson, Primeau, Schain, St-Onge & Yassine 2007, 120-125.)

Objekteilla on myös neljäs ominaisuus: napapiste. Napapiste on piste, jonka mukaan objektin transformointi tapahtuu. Napapistettä on mahdollista muuttaa, jolloin esimerkiksi palloa voidaan kääntää keskipisteensä sijaan halutun pisteen mukaan. (Cusson ym. 2007, 82-89.)

Yksittäisten objektien transformointi ja animointi on suoraviivaista, mutta tultaessa monimutkaisempiin objektikokonaisuuksiin, yksittäisten objektien transformointi hankaloituu. Esimerkiksi autoa animoidessa siitä voidaan erottaa ainakin kori ja renkaat. Sen lisäksi, että renkaat kulkevat auton mukana niiden tulisi pyöriä akselinsa ympäri ja mahdollisesti kääntyä mutkissa. Tällaisissa tapauksissa voidaan lisätä eri objektien välille lapsi-vanhempi-suhteita (ks. Kuvio 5). Auton tapauksessa kori olisi vanhempi ja renkaat lapsia. Objektien välinen hierarkia mahdollistaa kokonaisuuden transformoinnin, mutta jättää mahdollisuuden transformoida sen jokaista lasta vaikuttamatta vanhempaan. (Cusson ym. 2007, 340-342.)



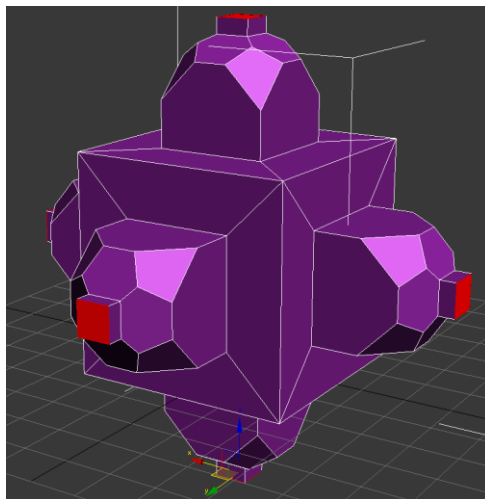
KUVIO 5. Lentokoneen liikkuvien osien hierarkia

3.3.4 Geometrian muokkaaminen

3ds Maxissa geometriaa voidaan muokata usealla tavalla. Näistä useimmin käytettyjä ovat aliobjektitasojen (sub-object levels) transformointi ja määreiden (modifier) käyttö.

3D-geometria voidaan jakaa viiteen eri aliobjektitasoon: verteksiin, viivaan, rajaan, tasoon ja elementtiin. Verteksi (vertex) on piste XYZ-koordinaatissa ja verteksit kuvaavat 3D-geometriaa tarkimmalla mahdollisella tasolla. Viiva (edge) muodostuu, kun kaksi toisistaan erillään olevaa verteksiä yhdistetään. Vastaavasti vähintään kolme verteksiä yhdistämällä saadaan taso (polygon). Tasoja yhdistämällä luodaan elementtejä. Jos objektista leikataan tasoja pois, objektiin muodostuu reikä, joka voidaan valita raja-aliobjektitasolla.

Kaikkia aliobjektitasoja voidaan liikutella, käänellä ja skaalata. Transformointityökaluja käyttämällä esimerkiksi yksinkertaiseen primitiiviobjektiin voidaan muokata halutunlaisia muotoja (ks. KUVIO 6). Transformoinnin lisäksi eri aliobjektitasoilla on omia muokkaustyökalujaan. Esimerkiksi taso-aliobjektitasolla tasoa voidaan leikata, pursuttaa ja viistottaa. Leikkaamalla tasoon voidaan leikata viiva, joka jakaa tason kahtia. Pursuttamalla geometriaa kasvatetaan haluttuun suuntaan. Viistotus muistuttaa pursuttamista, mutta pursuttamisen lisäksi kasvatettua geometriaa voidaan skaalata. (Cusson ym. 2007, 193-208.)



KUVIO 6. Kuution geometriaa muokattu aliobjektitasojen transformointityökaluilla

Määreiden lisääminen objekteille on toinen yleinen muokkaamistapa. 3ds Maxista löytyy valmiina useita erilaisia määreitä, joilla muokata geometriaa. Hyvinä esimerkkeinä toimivat taivutus ja kierto -määreet. Taivutus taivuttaa ja kierto kiertää objektia halutun akselin mukaisesti. Erikoisempi määre on kohina, joka lisää geometriaan epätasaisuutta.

Objektille on mahdollista lisätä useita määreitä kerralla. Määreet muodostavat pinon, joka ajetaan objektille pohjalta ylöspäin, minkä johdosta määreiden on oltava oikeassa järjestyksessä, jotta haluttu lopputulos saadaan aikaiseksi. (Cusson ym. 2007, 156-173.)

3.3.5 Geometrian siirto 3ds Maxiin CAD-ohjelmistosta

Kun työskennellään teollisuuden parissa, eteen tulee varmasti tilanne, jossa asiakas on toteuttanut mallin tuotteestaan jollain CAD-ohjelmistolla. CAD-ohjelmistot ovat tarkkaan suunnittelutyöhön tarkoitettuja sovelluksia, joilla voidaan yleensä toteuttaa sekä kaksi- että kolmiulotteisia suunnittelumalleja. Ne eroavat esimerkiksi 3ds Maxista siinä, että niistä löytyy työkaluja, joilla voidaan kuvata ja toteuttaa teollisuuden vaatimia matemaattisen tarkkoja malleja. Monissa CAD-ohjelmistoissa on kuitenkin rajoitetut mahdollisuudet visuaalisesti näyttävän materiaalin tuottamiseen, joten yleinen työnkulku teollisuudessa on tuottaa mallit CAD-ohjelmistolla ja saattaa työ loppuun animointiin ja näyttävämpään renderöintijälkeen kykenevillä ohjelmistoilla.

3ds Maxiin pystyy tuomaan useimpia CAD-ohjelmistoista ulos saatavia tiedostoformaatteja. Kun tällainen tiedosto tuodaan Maxiin, matemaattiset mallit muutetaan automaattisesti geometriaksi. Usein CAD-ohjelmistossa toteutetut objektien ryhmittelyt siirtyvät myös sellaisenaan. Käytetyistä ohjelmistoista riippuen siirrosta saattaa kuitenkin seurata ongelmia 3ds Maxin puolella. Käännetty geometria ei välttämättä ole kovinkaan optimoitua, ja polygoneja saattaa olla irrallaan objekteista. Monesti osa polygoneista saattaa olla väärinpäin, kohdistettuna objektin sisään, jolloin ne eivät näy oikein kuvaa renderöitäessä. Usein visualisointiprojekti alkaakin CAD-ohjelmistosta tuodun materiaalin siistimisellä, optimoinnilla ja hierarkisella ryhmittelyllä.

3.3.6 Geometrian optimointi

Teollisuuden 3D-suunnittelumallit on yleensä viety niin tarkalle tasolle, että mallista pystyy irrottamaan jokaisen yksittäisen mutterin ja muun detaljin. Lisäksi kun tuotteet saattavat olla useita metrejä korkeita ja kymmeniä pitkiä ja kun CAD-siirrosta johtuva geometrian monimutkaisuus otetaan huomioon, polygonien määrä kasvaa suunnattomaksi. Tällaiset mallit vaativat huomattavan paljon konetehoa jo pelkkään käsittelemiseen. Jotta visualisointi on mahdollista toteuttaa, täytyy geometriaa usein poistaa tai optimoida.

Optimointivaiheessa tulisi olla jo selvillä, mihin geometriaa käytetään ja mitä on tarpeellista näyttää. Esimerkiksi jos visualisoitava kohde on auto, ja sitä kuvataan vain ulkopuolelta, monimutkaista geometriaa sisältävä moottori ja koneisto voidaan poistaa kokonaan. Vastaavasti voidaan poistaa sellaisia objekteja, jotka ovat lopputuloksen kannalta

merkityksettömiä. Esimerkiksi markkinointimateriaalissa ei välttämättä tarvitse näyttää jokaista yksittäistä ruuvia tai letkunpätkää.

Joissain tapauksissa voidaan mallintaa kevyempiä korvaavia malleja raskaiden mallien tilalle, jos mallilta ei vaadita matemaattista tarkkuutta. Esimerkiksi hieman kauempaa kuvatuista kohteista on mahdotonta huomata pieniä yksityiskohtia, jolloin kevyttä mallia ei erota alkuperäisestä.

Jos visualisoitavalta kohteelta vaaditaan tarkkuutta eikä siitä voida mallintaa kevyempää versiota, voidaan hyödyntää 3ds Maxin optimointityökaluja. 3ds Maxista löytyy Optimize-määre, joka automaattisesti vähentää mallin tasojen määrää pyrkien samalla pitämään alkuperäisen muodon. 3ds Maxiin on saatavilla myös erilaisia liitännäisiä, jotka haistelevat mallia ja etsivät käyttäjän määrittämien asetusten mukaisesti pientä geometriaa, joka tuskin näkyy katsojalle.

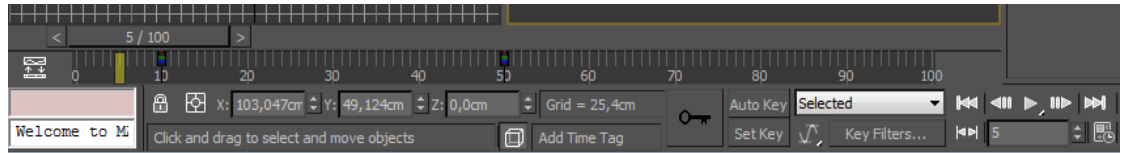
3.4 3D-visualisointi 3ds Maxissa

3.4.1 Animaatio

Animaatio on kappaleelle tapahtuva muutos tietyn ajan sisällä. Jotta aikaa voidaan käsitellä, sille tarvitaan jokin yksikkö sitä kuvaamaan. Useimmiten animoinnin yhteydessä käytettävä yksikkö on frame, kuvaruutu. Se on yksi ajanhetki koko animaation kestosta. Jotta animaatio näyttää sulavalta, ruutuja täytyy näyttää tarvittava määrä sekunnissa. Ruutujen määrää sekunnissa kuvataan termillä fps, frames per second tai kuvanopeus. Filmille on asetettu standardi-fps 24, joka takaa sulavan liikkeen, josta ihmissilmä ei pysty erottamaan yksittäisiä kuvia. Maailmalla on kuitenkin käytössä useita fps-standardeja, kuten esimerkiksi USA:ssa käytettävä NTSC (fps 30) ja meillä käytettävä PAL (fps 25). Eri standardeihin kuuluu myös muita määrittäjiä, kuten resoluutio, ja animaatioprojektia aloittaessa onkin ensimmäisenä hyvä selvittää, mihin standardiin (jos sellaista käytetään) animaatio tulee toteuttaa. Jos kuvanopeutta muutetaan jälkikäteen, animaatio pyörii joko hitaammin tai nopeammin, ja liike voi olla tökkivää. (Derakhshani ym. 2007, 21-22.)

3ds Max kuvaa animaatiota kuvaruuduista muodostuvalla aikajanalla (ks. KUVIO 7).

Animoitaville objekteille määritellään keyframeja, avainruutuja, jotka määrittelevät objektin senhetkisen tilan. Animaatio syntyy, kun objektilla on vähintään kaksi avainruutua, joissa se on eri tilassa. Tietokone laskee automaattisesti kahden avainruudun välillä tapahtuvan muutoksen objektille. Käytännössä muutos voi olla mitä vain, esimerkiksi liikettä tai objektin värin tai läpinäkyvyyden vaihtelua. (Derakhshani ym. 2007, 23.)



KUVIO 7. 3ds Maxin aikajana ja kaksi avainruutua

Pelkkien avainruutujen lisääminen objekteille ei kuitenkaan riitä hyvännäköisen animaation luontiin. Esimerkiksi pomppivaa palloa animoitaessa täytyy ottaa huomioon painovoiman vaikutus ja pallon elastiset ominaisuudet, että animaatiosta tulee uskottava. Kun pallo tippuu, sen nopeus kiihtyy. Vastaavasti kun se osuu maahan, sen elastisuudesta riippuen se kimpoaa takaisin ylös tietylle korkeudelle tietyllä nopeudella ja kiihtyvyydellä. Jos pallolle asetetaan avainruudut, sen liike muistuttaa hyvin lineaarista siirtymistä paikasta A paikkaan B. Jotta liikkeeseen saadaan eloa, voidaan hyödyntää 3ds Maxin Curve Editor -työkalua. Jokaisesta objektille tapahtuvasta muutoksesta luodaan sitä kuvaava käyrä, joka on täysin muokattavissa Curve Editorissa. Sen avulla pallon liike Z-akselilla saadaan nopeutumaan ja hidastumaan oikeissa kohdissa. Lisäksi sillä voidaan luoda objektille toistuvaa liikettä. Pallon pomppiminen voidaan kyllä toteuttaa useilla avainruuduilla, mutta se on työlästä. Curve Editorin avulla pallolle voidaan lisätä toistuva animaatio, joka liikuttaa sitä automaattisesti ylös ja alas Z-akselilla. (Derakhshani ym. 2007, 335-342.)

3.4.2 Materiaalit, shaderit ja kartat

Oikeanlaisen mallinnuksen lisäksi on kaksi tärkeää asiaa, jotka vaikuttavat katsojan saamaan kuvaan visualisoidusta objektista: käytetyt materiaalit ja valaistus. Materiaali määrittää, miltä objekti näyttää. Materiaaleja luodessa tuleekin miettiä, mitä niillä ollaan kuvaamassa. Esimerkiksi lasin materiaalissa tulee ottaa huomioon ainakin sen läpinäkyvyys, väri ja valon taittaminen sekä tarkemmalle tasolle mentäessä esimerkiksi pinnan epätasaisuudet tai jopa naarmut.

3ds Maxissa on materiaaleille oma editorinsa, jonka avulla niitä hallinnoidaan. Jokaisen materiaalin toteuttaminen aloitetaan aina materiaalityypin valinnalla. Useimmiten käytetään standardia materiaalityyppiä, josta löytyvät säätimet ambient, speulaari ja diffuusi -komponenteille. Tällä materiaalityypillä pystytään toteuttamaan useimmat kuviteltavissa olevat materiaalit. Joskus kuitenkin tarvitaan monimutkaisempia materiaaleja. Esimerkiksi jos lasikupissa on muovinen jalka, voidaan käyttää multi/sub-object-materiaalityyppiä, johon saadaan asetettua useampia materiaaleja. Multi/sub-object-materiaalityypin materiaalit sijoitetaan objektiin tunnisteiden avulla. (Derakhshani ym. 2007, 275-286.)

Materiaalin tärkeimpiä ominaisuuksia on sen käyttäytyminen valossa (ks. KUVIO 8). Tähän voidaan vaikuttaa valitsemalla materiaalille erilaisia shadereita, jotka määrittävät pinnan ominaisuudet. Shadereiden avulla voidaan jäljitellä esimerkiksi puuta tai metallia. (Derakhshani ym. 2007, 287.)

Mental Ray lisää shadereiden määrää huomattavasti ja pyrkii simuloimaan fysiikan lakeja niiden laskemisessa. Mental Ray -shadereiden avulla esimerkiksi värjätty lasi-materiaali saadaan hajottamaan valoa. Toisin kuin 3ds Maxin omat shaderit, Mental Ray -shaderit eivät rajoitu vain materiaalin pintaominaisuuksien muokkaamiseen. Mental Raysta löytyy shadereita esimerkiksi kameralle, jolla voidaan simuloida syvyysvaikutelmaa ja tarkentaa kamera tietylle matkalle. Lisäksi esimerkiksi liikesumennukselle (motion blur) löytyy omat shaderinsa. Mental Ray -shaderit on optimoitu toimimaan Mental Ray -renderöintimoottorin kanssa, joten niillä saadaan fysikaalisesti aidon näköistä jälkeä aikaan suhteellisen pienillä renderöintiajoilla. (Mental Images 2010.)



KUVIO 8. Standardimateriaali, MR-kromimateriaali sekä MR-lasimateriaali fotometrisessä alue-valaistuksessa

Kun tarkastellaan reaali maailman pintoja tarkemmin, huomataan, että niistä löytyy myös jotain niille yksilöllisiä ominaisuuksia. Esimerkiksi kankaiden ulkonäköön vaikuttaa hyvin paljon niiden kudonta tai muu valmistustapa. Tällaisia yksilöllisiä ominaisuuksia kuvaamaan voidaan käyttää erilaisia kartoja, jotka asetetaan materiaalin pinnalle.

Yleisimpiä tapoja visualisoida pintamateriaaleja on määrittää kuva materiaalin diffuusikartalle. Kaksiulotteiselle kuvalle täytyy kuitenkin antaa koordinaatit, jotta se projisoituu oikein mallin pinnalle. Jos koordinaatteja ei määritellä, kuva venyy mallin päälle luonnottomasti, eikä lopputulos näytä hyvältä. 3ds Maxista löytyy UVW Mapping -määre, jolla mallille voidaan lisätä ja muokata karttakoordinaatteja. UVW Mappingilla onnistuu yksinkertaisten muotojen (lähinnä perusprimitiivejä muistuttavien) karttakoordinointi, joten monimutkaisempien muotojen koordinointiin on käytettäviä tehokkaampia keinoja kuten Unwrap UVW -määrettä, jolla mallin pinnat voidaan levittää kaksiulotteiseksi kartaksi. Tämä kartta voidaan siirtää esimerkiksi Adobe Photoshopiin, jossa sen päälle voidaan maalata halutut kuviot. (Derakhshani ym. 2007, 315-322.)

Muita usein käytettyjä karttoja ovat esimerkiksi heijastus ja bump -kartat. Jos heijastuskartalle laitetaan kuva, materiaali pyrkii heijastamaan kyseisestä kuvaa materiaalin pinnalle. Bump-kartta taas luo materiaalin pinnalle syvyysmuotoja esimerkiksi kartalle asetetun kuvan valkoisen ja mustan värin intensiteetin perusteella. Usein realistisen materiaalin toteuttaminen vaatii monien eri karttojen hyödyntämistä, mutta hyvin toteutettuna niillä pystyy muokkaamaan yksinkertaisestakin mallista uskottavan näköisen. (Derakhshani ym. 2007, 294-314.)

Fotorealistisen ilmeen saavuttamiseen käytetään usein HDR-kuvia heijastuskarttana. HDR-kuvat (High Dynamic Range Image) sisältävät paljon enemmän valotiheysarvoja kuin tavalliset LDR-kuvat (Low Dynamic Range Image). Tämä mahdollistaa paljon realistisemman valon ja heijastusten ilmentymisen mallien pinnoilla. (Zap's Mental Ray Tips 2010.)

3.4.3 Valaistus

Yleistä

Materiaalien lisäksi valaistus on tärkeimpiä yksittäisiä asioita 3D-grafiikassa, jotka lisäävät näyttävyyttä ja uskottavuutta malleihin. Perusvalaistuksen periaatteet ovat 3D-mallinnusohjelmissa hyvin samankaltaisia kuin valokuvauksessa. Aluksi on tärkeintä oppia ymmärtämään valon toimintaa ja sen merkitystä ympäristölle. Valon määrällä on suuri merkitys ympäristön tunnelmalle ja sille, miten se katsojalle näkyy. Liika valo hävittää yksityiskohtia, kun taas liian vähäinen valo tekee ympäristöstä elottoman. Perinteisesti valokuvauksessa pyritään saamaan kuvaan valon koko kirjo.

Kolmipistevalotus on eräs perinteisistä valotusratkaisuista. Valotuksen nimi tulee siitä, että siinä käytetään kolmea valonlähdettä: avainvaloa, täytevaloa ja takavaloa. Avainvalon tehtävänä on toimia pääasiallisena valonlähteenä ja heittää varjoja ympäristöön. Avainvalo asetetaan kohteen etupuolelle osoittamaan kohdetta samalta suunnalta kuin katsoja, kuitenkin niin, että se muodostaa kohteen toiselle puolelle näkyvän varjon. Täytevalon tehtävänä on täyttää loput kohteesta valolla ja vähentää avainvalon heittämiä tummia varjoja. Täytevalo asetetaan yleensä kohteen etupuolelle, mutta niin, että se valaisee kohteen varjon puolta. Takavallo asetetaan kohteen taakse, ja sen tehtävänä on korostaa kohdetta taustasta. Takaa kuultava valo korostaa kohteen ääriviivoja, jolloin sen erottuvuus paranee. (Derakhshani ym. 2007, 405-410.)

3ds Maxin ja Mental Rayn valot

3ds Maxista löytyy oletuksena kahdenlaisia valoja. Standardivaloja ja fotometrisiä valoja. Kaikki 3ds Maxin valot pyrkivät jäljittelemään reaalimaailman valoja. Standardivaloihin kuuluvat Target/Free Spotlight, Target/Free Direct Light, Omni Light, Skylight sekä Mental Rayn mr Area Omni Light ja mr Area Spotlight. Kaikille valoille löytyy pääasiassa samat säädöt niiden säteilemää valon määrää, käytettävää varjotyyppiä, väriä ja esimerkiksi kontrastia koskien.

Spottivalot luovat kartion muotoisen tai vaihtoehtoisesti suorakulmion muotoisen valon yhdestä pisteestä muodostaen maahan näkyvän valaistun hotspotin. Spottivaloa pystytään muokkaamaan esimerkiksi muuttamalla hotspotin leviämistä ja häivytystä, jolloin valoa himmenee reunojaan kohti. Erona Free ja Target -spottivaloilla on se, että Target-spottivalolla on liikuteltava kohde. Kohde voidaan esimerkiksi animaatiossa kiinnittää johonkin objektiin, jolloin valo seuraa objektia animaation läpi. Reaalimaailman vastine spottivalolle on esimerkiksi katuvalo tai taskulamppu. Direct Light muistuttaa spottivaloja, mutta sen sijaan että se loisi valon yhdestä pisteestä, valoa syntyy koko sen leveydeltä. Direct Lightilla voidaankin simuloida auringonvaloa, jos sen leveys vain asetetaan tarpeeksi suureksi. (Derakhshani ym. 2007, 414-421.)

Omni Light on valonlähde, joka muodostetaan yhdestä pisteestä ja se säteilee joka suuntaan samalla teholla. Omnivaloja käytetään yleensä täytevaloina pehmentämään esimerkiksi spottivalojen aiheuttamia tummia varjoja. Reaalimaailman vastine omnivalolle voisi olla hehkulamppu. (Derakhshani ym. 2007, 422-423.)

Skylight eroaa muista valoista siinä, että sen sijoittamisella ei ole väliä. Skylight luo ympäristön ylle puolipallon muotoisen kuvun, joka säteilee valoa joka suunnalta ympäristöön. Lopputuloksena on taivaan valoa simuloiva ilmiö (ks. KUVIO 9). Jos Skylightista kytketään varjot päälle, ympäristön objektien alle muodostuu pehmeitä varjoja, johtuen lukemattomista valonlähteistä. (Derakhshani ym. 2007, 414-425.)

Astetta tarkempi lähestymistapa valaistukseen on fotometrinen valojen käyttö. Fotometriset valot ovat simulaatioita oikeista valoista ja oikein käytettyinä niillä saadaan aikaan realistisempia ja fysikaalisesti tarkkoja tuloksia. Jotta fotometriset valot toimivat oikein, täytyy mallinnetun ympäristön olla oikeassa mittakaavassa.

Fotometrisiä valoja on käytössä vain kahdenlaisia: kohdevaloja (target light) ja vapaita valoja (free light). Standardivaloista ne kuitenkin eroavat siinä, että fotometriseen valoon voidaan valita tapa jolla se levittää valoa. Erikoisin näistä on Photometric Web File. Se käyttää fotometristä verkkoa levittääkseen valoa, mikä tarkoittaa sitä, että valon intensiteetistä muodostetaan kolmiulotteinen ilmentymä, joka voidaan tallentaa tiedostoon, usein IES-formaattiin. Valon levitystavan lisäksi fotometriseen valoon on mahdollista valita valon muoto ja miten se heittää varjoja. Valon muodoksi voi valita pisteen, viivan, suorakulmion, kiekon, pallon tai sylinterin. (Brooker 2008, 39-40.)



KUVIO 9. Spottivalo, Skylight sekä Daylight-simulaatio

3ds Maxista löytyy lisäksi kaksi erilaista simulaatiota ulkoilmavalaistuksen toteuttamiseen. Sunlight ja Daylight -systeemit. Sunlight on periaatteessa suora valo, joka simuloi auringon lähettämää valoa. Daylight sisältää Sunlightin ja lisäksi Skylightin simuloimaan taivaan heijastamaa valoa. Daylightista tekee erikoisen se, että se niputtaa molemmat valot samaan sijaintipohjaiseen systeemiin. Daylightille voidaan valita sijaintitieto kartalta (esimerkiksi Helsinki) ja määrittää vuosi, kuukausi ja kellonaika, jolloin saadaan aikaiseksi esimerkiksi vuorokaudenajasta riippuvainen valaistus. Lisäksi Daylight-systeemiin on mahdollista ladata erilaisia sääprofiileja. Daylight-systeemi tukee standardivaloja, Mental Ray -valoja sekä fotometrisiä valoja. (Brooker 2008, 38-39.)

Epäsuora valaistus

Epäsuoralla valaistuksella tarkoitetaan objektien valaisua ympäristön avulla. Epäsuoraan valaisuun kuuluu olennaisesti valonsäteiden kimpoaminen ympäristön pinnoista. Tällöin ympäristö ja sen objektit valaistuvat ja värittyvät kimpoilevien säteiden mukaisesti. 3ds Maxista löytyy kaksi tapaa toteuttaa epäsuora valaistus. Säteenseuranta (Raytracing) oli ensimmäisiä algoritmeja, joilla epäsuoraa valaistusta pyrittiin simuloimaan. Säteenseurannan ideana on lähettää "katsojan silmistä" säteitä kohteeseen. Säteiden osuessa kohteisiin, tutkitaan pinnan materiaalia, jonka mukaan säde kimpoaa edelleen tai absorboituu kohteeseen. Säteenseurannan huonona puolena on sen hitaus ja se, ettei siltä onnistu diffuusien väliset heijastukset. Säteenseuranta toimii kuitenkin hyvin varjojen, spekkulaaristen heijastusten ja valon taittumisen kanssa. Toinen keino epäsuoran valaistuksen toteuttamiseen on käyttää radiositeettia. Radiositeetti eroaa säteenseurannasta siinä, että se laskee ympäristön jokaiselle objektille valon määrän ja lähettää tämän jälkeen satunnaisesti säteitä kimpoilemaan ympäristöön. Kimpoilevat säteet latautuvat energiana objektien pinnoille. Mitä enemmän pintaan on latautunut energiaa, sen paremmin se on valaistunut. Radiositeetti toimii hyvin diffuusien välisissä heijastuksissa ja se täydentää hyvin säteenseurantaa. Monesti näitä kahta ratkaisua käytetäänkin yhdessä. (Brooker 2008, 99-105.)

Mental Rayta käytettäessä saadaan lisää vaihtoehtoja epäsuoran valaistuksen toteuttamiseen. Mental Rayn oma globaali valaistus (Global Illumination) lähettää renderöinnin esiprosessissa energiapartikkeleja, fotoneja, (photon) valonlähteestä ympäristöön kimpoilemaan. Renderöinnin jälkiprosessissa Mental Ray laskee keskiarvon läheisistä fotoneista ja valottaa sekä värittää ympäristön sen mukaan. Mental Rayn toinen tapa epäsuoran valaistuksen toteuttamiseen on Final Gather. Final Gatheria käytettäessä säteitä lähetetään katsojan silmistä näkyvään ympäristöön, josta lähetetään jälleen säteitä kaikkiin mahdollisiin suuntiin. (Mental Images 2010.) Ongelmana Final Gatheringissa on se, että liikkuvassa kuvassa säteet lasketaan joka kuvalle uudestaan, mikä johtaa usein kuvan varjokohtien värinään ja elämiseen.

3ds Maxin ja Mental Rayn varjot

Olennaisena osana valaistukseen kuuluvat varjot. Ilman varjoja ympäristöstä on vaikea havaita objektien oikeaa sijaintia tai kokoa. Varjot myös kertovat katsojalle paljon kohteen materiaalista ja muodosta. Varjoja onkin haasteellista toteuttaa, sillä epärealistiset varjot vievät nopeasti kuvan uskottavuuden. Valaistusta toteuttaessa onkin hyvä analysoida

minkälaisia valonlähteitä ympäristöstä löytyy ja minkälaisia varjoja ne luovat. Eritoten silloin, kun 3D-mallia sijoitetaan valokuvaan tai videoon, tulisi varjojen vastata mahdollisimman tarkasti kuvan muita varjoja ja istua yhteen kuvan valonlähteiden kanssa. (Brooker s. 45-48)

Suoralla ja epäsuoralla valaistuksella on suuri vaikutus myös varjostukseen. Jos käytetään suoraa valaistusta, varjot leviävät ympäristöön vain valonlähteestä. Epäsuoraa valaistusta käytettäessä varjot voivat levitä myös alueille joita ei valaista suoraan. Aivan kuten valaistusta, myös varjoja on simuloitava. 3ds Maxin tarjoamat vaihtoehdot voidaan jakaa karkeasti kahtia, yksinkertaisempaan varjokarttaan (Shadow Map) ja säteitä seuraaviin varjoihin (Ray-traced shadows).

Varjokartan nimitys tulee siitä, että varjot muodostetaan kuvakartasta, joka lasketaan esirenderöintivaiheessa. Kun kuva renderöidään, tämä kartta projisoidaan valonlähteestä ympäristöön. Tämä johtaa siihen, että varjoilla on tietty resoluutio, jota voidaan säätää kuvan vaatimusten mukaan. Varjokartta -tyypin varjoilla on muutenkin säätövaraa enemmän kuin säteenseuranta -varjoilla. Varjokartalla pystytään luomaan myös helposti ja suhteellisen kevyesti pehmeäreunaisia varjoja. Varjokarttaan voidaan asettaa hämärryskartta, jolloin varjo pehmenee. Hämärryksen aiheuttamaa kohonnuttua konetehovaatimusta voidaan kompensoida laskemalla varjokartan resoluutiota. Hämärryskartan ansiosta pienempi resoluutio ei näy niin helposti lopputuloksessa.

Varjokartassa on kuitenkin yksi visualisoinnin kannalta suuri heikkous. Jos ympäristössä on läpinäkyviä objekteja, varjokartta ei kykene käsittelemään läpinäkyvyydestä aiheutuvia ilmiöitä. Tällöin ainoaksi järkeväksi vaihtoehdoksi jää säteenseurantavarjojen käyttö. Säteenseuranta hallitsee läpinäkyvyyden ja lisäksi muut valon liikkeeseen liittyvät ilmiöt, kuten taittumisen. Perinteisesti säteenseurantavarjoja on käytetty terävien varjojen muodostukseen, mutta Mental Rayn ja fotometrysten valojen myötä myös pehmeät varjot onnistuvat. Edellämäinnittuihin valonlähteisiin voidaan määritellä koko, joka osaltaan vaikuttaa varjon pehmeyteen. Hintana tarkemmasta varjosimuloinnista on kasvanut tehovaatimus. (Brooker 2008, 48-54.)

3.4.4 Kamerate

3ds Maxin kamerat muistuttavat hyvin paljon reaalimaailman kameroita ja kokemus oikeista kameroista auttaa myös 3ds Maxin kameroiden ymmärtämistä. Aivan kuten valotkin, kamerat ovat omia objektejaan, joita voidaan liikutella ja animoida vapaasti 3D-maailmassa. Animaation kuvaamiseen voidaan käyttää myös useampaa kuin yhtä kameraa.

3ds Maxissa on kahdentyyppisiä kameroita. Target Camera sisältää vapaasti liikuteltavan kohdepisteen, johon kamera katsoo. Target Camera on hyödyllinen silloin, kun halutaan seurata jonkin objektin liikettä. Kohdepiiste voidaan kytkeä seurattavan objektin lapseksi, jolloin kamera saadaan seuraamaan objektia automaattisesti. Free Camera on muuten samanlainen kuin Target Camera, mutta siitä puuttuu kohdepiiste. Sitä on hankalampi kohdentaa seuraamaan objekteja, mutta toisaalta sillä on helpompi toteuttaa monimutkaisempia liikkeitä, kun seurattava kohde ei ole taakkana.

Aivan kuten reaali maailman kameroiden, 3ds Maxin kameroiden tärkein ominaisuus on niiden linssit. Käytetty linssi määrittää käytössä olevan polttovälin (focal length) ja näkökentän (field of view). Oletuksena kameran linssin polttoväli on 43,356mm 45 asteen näkökentällä. Yleensä oletuslinssi riittää suurimpaan osaan animaatioista, mutta vaihtamalla linssiä tai muokkaamalla sitä sopivammaksi, voidaan vaikuttaa kuvan tunnelmaan ja saada kuvaan syvyyttä. (Derakhshani ym. 2007, 457-462.)

Kuvan visuaalista ilmettä voidaan myös kohentaa erilaisilla efekteillä. Eräs hyödyllisimmistä on syväterävyuden (depth of field) käyttö. Syväterävyuden avulla voidaan tarkentaa kuva tiettyyn objektiin jolloin kohdepiisteestä katsottuna kameraa lähempänä ja kauempana olevat objektit alkavat sumentua. Tällä keinolla saadaan kiinnitettyä katsojan huomio ensimmäisenä kohdepiisteeseen. (Cusson & Cardoso 2007, 263-268.)

3.4.5 Fysiikkamoottorilla animointi

Jotta animaatiosta tulee uskottava, tulee siinä liikkuvien objektien käyttäytyä reaali maailman fysiikan lakien mukaisesti. Koska 3D-mallit animoidaan tyhjiön kaltaisessa tilassa, mihin ei vaikuta mitään voimia, on uskottavien liikkeiden toteuttaminen työlästä ja hankalaa. 3ds Maxin fysiikkamoottorin, Reactorin, avulla voidaan lisätä objekteille massa sekä muita fysiikaalisia ominaisuuksia. Reactorin avulla voidaan simuloida kiinteitä (rigid body dynamics) ja pehmeitä (soft body dynamics) objekteja sekä erilaisia naruja (rope simulation) ja kankaita (cloth simulation). Kun jokaiselle simulaatioon haluttavalle objektille on määritelty sen fysiikaaliset ominaisuudet, voidaan animaatiosta kääntää karkea esikatseluversio. Kun varsinainen simulaatio lasketaan, muuttuvat objektien liikkeet automaattisesti täysin muokattaviksi avainruuduiksi aikajanelle. (Derakhshani ym. 2007, 504-514.)

3.4.6 Renderöinti

Renderöinti on vaihe, joka sulkee 3D-visualisoinnin ympyrän luonnoksesta kuvaksi. Renderöinnin suorittaa renderöintimoottori, kuten 3ds Maxin oma Scanline renderer tai Mental Imagesin Mental Ray. Kun 3D-ympäristö renderöidään, kolmiulottainen maailma

muutetaan kaksiulotteiseksi kuvaksi. Renderöintivaiheessa lasketaan kaikki kuvaan tulevat valot, efektit ja niiden aiheuttamat ilmiöt. Renderöinti on kuitenkin vaihe, joka tulee pitää mielessä aivan alusta asti, sillä periaatteessa kaikki aiemmin tehty työ on esivalmistelua renderöinnille.

3ds Maxin renderöintiasetuksista voidaan määritellä kuvan ominaisuuksia, kuten kokoa, kuvasuhdetta tai reunanpehmennystä. Jos renderöidään animaatio, voidaan määrittää mitkä animaation kuvista renderöidään. Jos kuva tai animaatio tallennetaan koneelle, valittavissa on yleisimmin käytettäviä kuvaformaatteja kuten jpeg, png ja tiff. Kun asetukset on asetettu halutuiksi, voidaan kuva renderöidä. Renderöinti syö paljon konetehoa, ja renderöintiaika on riippuvainen esimerkiksi pintojen määrästä, käytetyistä materiaaleista ja valojen monimutkaisuudesta. Renderöinti kuvataan prosessipalkkina ja esikatseluikkunana, johon renderöitävä kuva tarkentuu renderöinnin edetessä. (Derakhshani ym. 2007, 445-452.) Edellämainitut ominaisuudet ovat renderöintimoottorin yleisiä ominaisuuksia. Jokaisella renderöintimoottorilla on lisäksi omat asetuksensa esimerkiksi epäsuoralle valaistukselle.

3.5 Jälkikäsittely ja julkaisu

3.5.1 Vedosten renderöinti ja yhdistäminen

Vedosten renderöinti tarkoittaa sitä, että 3D-mallista renderöidään eri elementtejä erillisiksi tasoiksi. Tasot voidaan jälkikäteen yhdistää yhdeksi kuvaksi esimerkiksi Adobe Photoshopissa tai After Effectsissä. Etuna vedoksissa on niiden muokattavuus. Esimerkiksi varjot tai heijastukset voidaan renderöidä omina vedoksinaan, jolloin niitä päästään jälkikäsittelyssä muokkaamaan ja tätä kautta vaikuttamaan kuvan ilmeeseen. (Derakhshani ym. 2007, 463.)

Toinen hyöty vedosten käytössä on ajan säästäminen. Vedoksia renderöitäessä kokonaisrenderöintiaika kasvaa hieman, mutta ajan säästö näkyy asiakkaan kanssa työskennellessä. Esimerkiksi otoksissa, joissa kamera ei liiku, voidaan renderöidä tausta still-kuvana ja liikkuvat objektit erikseen. Tilanteessa, jossa asiakas haluaakin muutoksia taustaan, koko animaatiota ei tarvitsekaan renderöidä uudestaan, vaan pelkän taustan renderöinti riittää. Vastaavaa lähestymistapaa voidaan soveltaa myös muihin, vaikka yksittäisiinkin objekteihin.

3ds Maxissa on valmiit työkalut vedosten renderöintiin. Useimmin käytettyjen vedosten kuten varjojen, valojen, heijastuste, läpinäkyvyyksien, taittojen ja värien lisäksi kuvasta voidaan tallentaa esimerkiksi syvyystietoa (z-depth) tai objektien nopeustietoa. Tällaisia

vedoksia voidaan hyödyntää jälkikäsittelyssä luomaan erilaisia efektejä kuten syväterävyyttä tai liikesumeutta. (Brooker 2008, 256-262.)

3.5.2 Videoeditointi

Videoeditointi on yleensä viimeinen vaihe animaatioprojektissa ennen julkaisua.

Videoeditoinnin tarkoituksena on yhdistää tuotetut animaatiot johdonmukaiseksi kokonaisuudeksi. Videoeditoinnissa on käytössä termi leike (clip), joka voi koostua kuvasta, äänestä, tekstistä tai esimerkiksi väritaustasta. Leikkeet yhdistetään toisiinsa siirtymillä (transition), joka voi olla suora leikkaus tai sisältää visuaalisen tehosteen. (Levy 2001, 18.)

Editointityö aloitetaan aina luomalla uusi projektitiedosto editoitaville leikkeille.

Projektitiedostolle määritellään asetukset, joihin kuuluu esimerkiksi kuvakoko ja kuvanopeus. Olennaista on valita asetukset, jotka täsmäyvät lähdemateriaalin kanssa.

Kun tarvittavat leikkeet on saatu tuotua projektiin, niitä voidaan alkaa järjestellä aikajanelle haluttuun järjestykseen. Adobe Premiere -ohjelmisto käyttää tasopohjaista mallia leikkeiden hallinnassa. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi tekstitys voidaan sijoittaa omalle tasolleen erilleen videomateriaalista. Tämä myös tarkoittaa sitä, että ylempi taso oletusarvoisesti peittää alempana olevaa. (Levy 2001, 50-52.)

Leikkeitä on mahdollista käsitellä aikajanelalla. Niiden pituutta voidaan muuttaa lyhyemmäksi tai niitä voidaan katkaista ja erottaa useaksi leikkeeksi. (Hartikainen 2005, 26.) Tämä antaa mahdollisuuden korjata videon rytmitystä paremmaksi ja täten vaikuttaa suuresti videon tunnelmaan. Videoeditoinnissa optimaalinen tilanne olisikin, jos lähdemateriaalia olisi ylimääräistä. 3D-animaatioita toteuttaessa täytyy kuitenkin huomata, että aina ei ole aikaa toteuttaa ylimääräisiä leikkeitä.

Leikkauksia leikkeestä toiseen elävöitetään usein visuaalisilla siirtymillä. Siirtymillä voidaan vaikuttaa suuresti tunnelmaan. Hitaat siirtymät voivat kieliä levollisuudesta, kun taas nopeat ovat rauhattomampia, mutta voivat sopia toiminnallisempaan videoon. Siirtymä toteutetaan vetämällä haluttu efekti kahden leikkeen välille ja valitsemalla sille haluttu kesto. Siirtymiä ei kuitenkaan kannata käyttää liikaa, koska se vie katsojan huomion itse sisällöstä. Esimerkiksi ristikuvaefektiä, jossa kaksi leikettä "feidataan" keskenään, on yksinkertainen ja tyylikäs efekti, mutta usein liikaa käytetty. Myös useiden erilaisten siirtymäefektien käyttö samassa videossa voi antaa sekavan ja levottoman kuvan. (Levy 2001, 82-84.)

3.5.3 Julkaisu

Kun video on editoitu halutunlaiseksi, voidaan siirtyä julkaisuun. Julkaisu tarkoittaa sitä, että leikkeistä koostuva projektitiedosto renderöidään yhdeksi itsenäiseksi videotiedostoksi, joka on katsottavissa julkaisuformaatin määrittämällä laitteistoilla. Julkaisuformaatti tulee valita asiakkaan tarpeiden mukaan. Esimerkiksi internet asettaa omat rajoituksensa videokuvan esittämiselle. Adobe Premierestä löytyy valmiita asetuksia eri formaateille, jotka ovat kuitenkin muokattavissa.

4 HUOLTOANIMAATION TOTEUTUS JA VISUALISOINTI

4.1 Projektin läpivienti

Projektin tarkoituksena oli toteuttaa 3D-animaatio Symbelt-telan beltinvaihtoon kuuluvista vaihto- ja huoltotoimenpiteistä. Projektiin oli varattu aikaa noin 60 tuntia palautuspäivämäärän ollessa huhtikuun lopulla 2010. Työ toteutettiin Movya Imageneering Oy:n tiloissa muiden projektien ohessa.

Projektin voidaan katsoa alkaneen aloituspalaverista Metso Paperin edustajien kanssa. Palaverissa käytiin läpi projektin ajalliset tavoitteet sekä tutustuttiin beltin vaihtamiseen Powerpoint-kalvojen avulla. Metso tarjosi kalvojen lisäksi SymBelt-telaan sekä beltinvaihtoon liittyviä huolto-ohjekirjoja. Kun materiaaleihin oli tutustuttu, lyötiin aikataulu lukkoon. Tämän jälkeen Metso toimitti tarvittavat Catia-mallit ja visualisointiprojekti voitiin aloittaa.

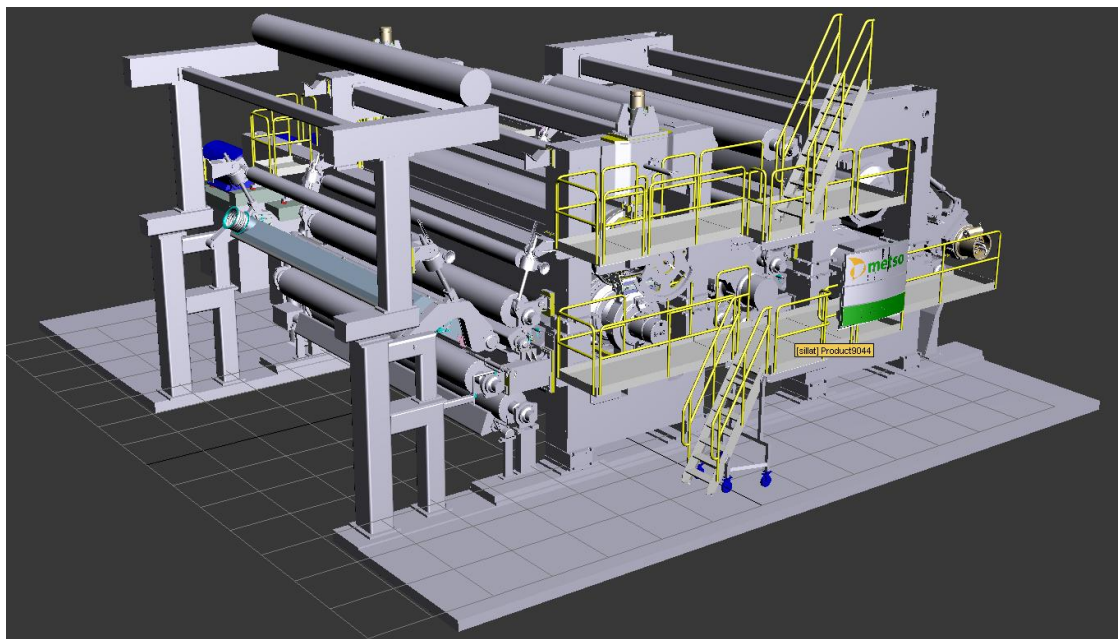
Karkeana käsikirjoituksena projektissa toimi toimitettu powerpoint-esitys. Metso Paperin toivomuksena oli, että animaatio etenee esityksen sanelemassa järjestyksessä. Projektissa mukailtiin myös aiemmissa huoltoanimaatioissa käytettyä hyvin lineaarista tyyliä, jossa käytetään paljon samoja kuvakulmia ja pelkistettyjä liikkeitä. Tavoitteena oli esittää toimenpiteet selkeinä ja rauhallisina ilman useita leikkauksia.

Kun toimenpiteiden animaatiot oli toteutettu, niistä laskettiin 3ds Maxin Preview-toiminnolla karkea esiversio, joka lähetettiin Metsolle arvioitavaksi. Preview-toiminto todettiin hyväksi apuvälineeksi, sillä siitä näkyy sekvenssien kesto, sekä kaikki liike aivan kuin ne renderöidyssäkin kuvassa näkyvät laskennan kestäessä vain muutamia minutteja. Metsolta saadun palautteen perusteella animaatioon lisättiin puuttuvat toimenpiteet sekä korjattiin olemassaolevia.

4.2 Catia-mallien esikäsittely

Kuten useimmat visualisointiprojektit, joissa käytetään asiakkaan toimittamia malleja, aloitettiin tämäkin visualisointiprojekti siistimällä, optimoimalla ja ryhmittelemällä mallin objektit. Metso toimitti mallit useassa osassa. Ensimmäisessä tiedostossa oli paperikoneen puristinosaa (ks. KUVIO 10), jossa SymBelt-tela sijaitsee. Toisessa tiedostossa oli kuvattuna beltinvaihtotapahtuma siihen tarvittavine työvälineineen. Kolmas tiedosto sisälsi todella tarkan mallin SymBelt-telasta. Mallit toimitettiin CGR-muodossa, joka käännettiin ensin 3ds-muotoon ja tuotiin 3ds Maxiin sisään Import-toiminnolla.

Optimointiin ja ryhmittelyyn oli varattuna noin kaksi työpäivää. Projektin ensimmäinen yllätys sattui heti projektin alussa, kun huomattiin että saadut mallit olivat geometrialtaan jo valmiiksi melko optimeja. Geometrian keventämistä ei tarvinnut toteuttaa juuri ollenkaan. Puristinosalta poistettiin vain joitain turhia yksityiskohtia, jotka eivät olleet olennaisia huollon kannalta tai näkyneet kuvassa. Muutamista objekteista huomattiin, että ne olivat tulleet duplikaatteina 3ds Maxiin, joten ne etsittiin ja poistettiin. Duplikaatteja voi yrittää etsiä geometriasta pyörittelemällä kuvakulmaa mallin ympärillä ja etsiä geometrian pinnalta värinää. Värinä viestii siitä, että kaksi pintaa on päällekkäin ja ohjelmisto joutuu arpomaan kumpaa pintaa se katsojalle näyttää.



KUVIO 10. Catiasta käännetty puristinosaa

Mallia siistiessä huomattiin, että puristinosan mallin SymBelt-telassa ei ollut mallinnettuna sisuksia. Sisukset saatiin mukaan erillisenä toimitetusta SymBelt-telan mallista. Ongelmana

yhdistämisessä oli kuitenkin se, että erillinen Symbelt-tela oli eri projektista kuin puristimen mallissa oleva. Erillään toimitettu SymBelt-tela oli halkaisijaltaan oikeaa kokoa, mutta liian lyhyt. Sisusosien muuttaminen suhteessa oikeaan kokoon olisi ollut liian työlästä, joten ne päätettiin vain skaalta pituusakseliltaan lyhyemmäksi. Tällöin malli litistyy ja suhteet eivät enää pidä paikkaansa. Ongelman todettiin kuitenkin olevan vähäinen, sillä sisusosat eivät olleet tärkeässä roolissa, eikä eroa huomannut kuin aivan läheltä ja harjaantuneella silmällä. Työläämpi, mutta tarkempi ratkaisu olisi ollut muuntaa jokaisen sisusosan mittasuhteita siirtämällä verteksejä sopivista kohdin jokaiselle objektille erikseen. Nyt selvittiin siirtämällä vain telan vaipan ja akseleiden verteksejä.

Usein asiakkaan toimittamat mallit on valmiiksi jonkinlaisissa ryhmissä. Esimerkiksi puristinosasta oli ryhmitelty valmiiksi telat, hoitosillat ja rungon eri osia. Ryhmät eivät kuitenkaan aina ole animaation kannalta järkeviä ja saattavat sisältää runsaasti alaryhmiä, jotka raskauttavat mallin käsittelyä. Osa mallien ryhmistä pidettiin ennallaan, mutta alaryhmät karsittiin minimiin. Alaryhmiä tehtiin vain objekteista, joita piti animoida isännästä riippumatta. Ryhmien lisäksi hyödynnettiin hierarkioita, jolloin saatettiin liittää ryhmiä toisiinsa toimimaan isännän mukaan. Kaikenkaikkiaan ryhmittely mietittiin animaation ehdoilla. Olennaista oli päästä helposti käsiksi kulloinkin animoinnin kohteina oleviin objekteihin.

4.3 Huoltotoimenpiteiden animointi

Huoltotoimenpiteiden animointiin valmistauduttiin tutustumalla syvemmin huolto-ohjekirjaan ja käsikirjoituksena toimiviin powerpoint-kalvoihin. Animointeja ryhdyttiin toteuttamaan lineaarisesti samassa järjestyksessä kuin käsikirjoitus eteni.

Ensimmäisenä toteutettiin vanhan beltin irrottamista kuvaava animaatio.

Huoltotoimenpiteissä SymBelt-tela täytyy ensin ajaa beltinvaihtoasentoon, jonka jälkeen vanha belt voidaan leikata irti telasta. Telan ajaminen vaihtoasentoon sisältää lähinnä suoraviivaisia liikkeitä, jotka saatiin animoitua liikuttamalla, kääntämällä ja skaalaamalla objekteja. Monimutkaisin animaatio koski SymBelt-telan toiseen telaan kiinnittävän kiinnitysmekanismin avaamista. Kiinnitysmekanismissa on useita liikkuvia, katsojalle näkyviä osia. Kiinnitysmekanismin animoinnissa hyödynnettiin hierarkiarakennetta, jossa eri liikkuvat osat ketjutettiin vanhemmiksi ja lapsiksi. Tällöin isäobjektin liikuttaminen liikutti myös lasta, mutta lasta pystyttiin animoimaan myös itsenäisesti.

Eräs toimenpide vaati reiän leikkaamista beltin. Tämä toteutettiin leikkaamalla beltin 3D-malliin reiän kokoinen alue verteksejä. Tämä alue irroitettiin beltin mallista ja animoitiin aukeamaan hyödyntämällä taivutus-määrettä sekä manuaalisesti animoimalla verteksejä. Taivutus-määreen avulla reiän avautumiseen saatiin hieman pehmeyttä. Määreitä hyödynnettiin myös toisessa huoltotoimenpiteessä. Ennen beltin irroitusta telan sisältä imetään öljyä pumpulla. Pumpun toimintaa kuvattiin lisäämällä öljyletkuun hieman liikettä kohina-määreellä. Kohinaa animoimalla öljyletku sai pientä satunnaista liikettä, mikä antoi vaikutelman siitä, että letkun sisällä liikkuu ainetta.

Itse beltin käsittely todettiin jo projektin alkuvaiheessa haastavaksi toteuttaa. Ilman fysiikkaa kankaista on todella hankalaa saada uskottavan näköisiä, joten beltin käsittelyyn päätettiin ottaa 3ds Maxin fysiikkamoottori Reactor käyttöön. Beltin leikkauksessa fysiikkamoottoria ei vielä käytetty, sillä sen todettiin olevan turhan aikaa vievää. Uutta beltia käsitellessä sitä nostellaan kraanalla putkien varassa, joten fysiikkamoottorin uskottiin tuovan realistista ja näyttävämpää otetta animaatioon.

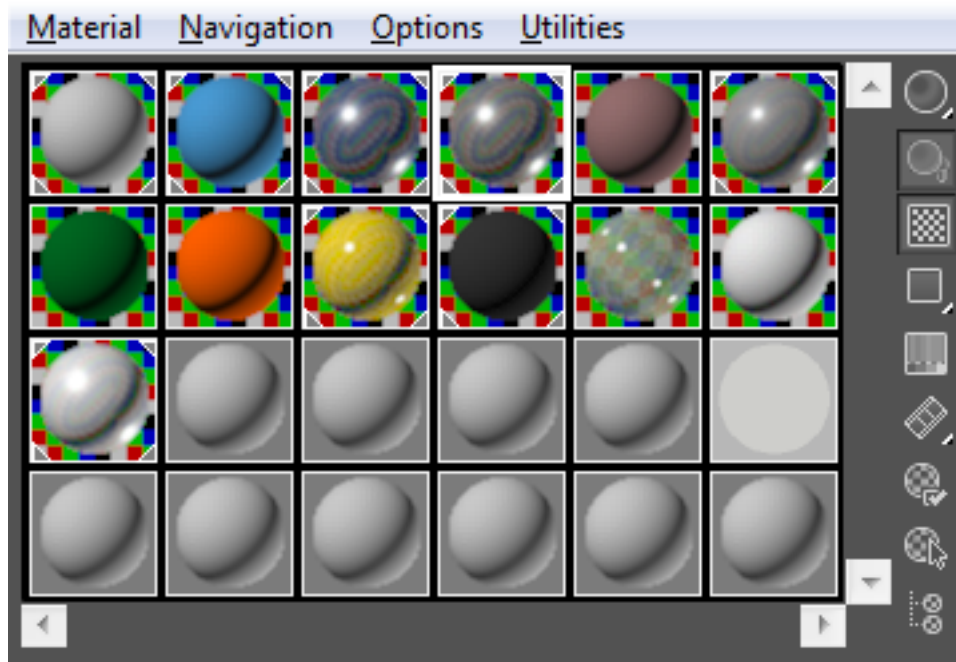
Fysiikkamoottoria hyödynnettiin asettamalla beltin 3D-malliin kangas-määre. Kangas-määre simuloi erilaisia kankaita antamalla objektille esimerkiksi massan, taittuvuuden ja venyvyyden. Beltin mallin polygonien huomattiin kuitenkin olevan epäsymmetrisesti pitkin beltin pintaa, jolloin kangas ei käyttäytynyt uskottavasti. Ratkaisuksi ongelmaan beltistä mallinnettiin uusi versio, jossa polygoneja oli vain tarvittava määrä. Tämän jälkeen etsittiin kankaalle sopivat asetukset. Belt on ominaisuuksiltaan melko jäykkä materiaali, eikä kangas-määreestä meinannut ensin löytyä sopivia asetuksia oikeanlaiseen simulaatioon. Simulaatioon jouduttiin myös lisäämään oletusasetuksia huomattavasti enemmän laskentatarkkuutta, sillä simulaatio hajosi käsiin hiemankin monimutkaisemmissa liikkeissä. Erityisesti hajoamista tapahtui, kun beltin 3D-malli oli kosketuksissa monimutkaisempien törmäyspintojen kanssa. Beltin animointi oli muutenkin työlästä, sillä korkeasta laskentatarkkuudesta huolimatta törmäyspinnat menivät välillä beltistä läpi ja olisivat näyttäneet tökeröiltä renderöidyssä kuvassa. Osa saatiin korjattua, mutta osaa törmäyspinnoista ei saatu kuriin ilman, että resurssit olisivat tulleet vastaan. Tällöin päätettiin käyttää hieman toista kuvakulmaa animaatioissa, jolloin virheet jäivät katsojalta piiloon. Fysiikkamoottoria ei käytetty enää beltin vetämisessä telan päälle, sillä siinä kankaalla olisi ollut enää vain niin pieniä liikkeitä, että fysiikkamoottorin tuoma hyöty olisi ollut pieni sen viemiin resursseihin nähden.

Animaatioissa kiinnitettiin huomiota pääasiassa havainnollisuuteen. Tärkeistä kohdista otettiin testirenderöintejä, joista tarkastettiin esimerkiksi valon riittävyys, kuvakulmien selkeys ja läpinäkyvyyksien toiminta. Läpinäkyvyyttä käytettiin piilottamaan valittuja rungon osia sieltä, missä ne olivat toiminnan tiellä. Vastaavasti irroitettavista osista näytettiin irroitus animaationa, jonka jälkeen ne piilotettiin.

4.4 Materiaalien ja shadereiden hyödyntäminen

Materiaalien suunnittelu aloitettiin projektin alkupuolella animaatioiden ollessa vielä kesken. Tällä tavoin materiaalien toimivuutta voitiin testata jo varhaisessa vaiheessa ja kokeilla eri vaihtoehtoja. Referenssiä materiaaleihin saatiin Powerpoint-kalvojen kuvista, joista nähtiin eri laitteiden värit ja pääteltiin mistä materiaalista ne oli tehty. Kalvoista selvisi, että tarvittaisiin ainakin maalaamatonta ja maalattua metallia, mustaa kumia, läpinäkyvää muovia ja beltin kangasta muistuttavia materiaaleja (ks. KUVIO 11).

Kaikki pintamateriaalit toteutettiin itse ja niihin otettiin pohjaksi Mental Rayn Arch & Design -shader. Arch & Design on shader, joka on suunniteltu erityisesti teollisuuden tarpeisiin. Sillä pystytään jäljittelemään sekä pehmeitä että kovia pintoja, ja lisäksi sillä voidaan hallita läpinäkyvyydestä esimerkiksi valon taittumista. Puristimen runkoon toteutettiin tummaa metallia jäljittelevä materiaali. Sille annettiin heijastuvuutta jonkin verran ja glossiness-arvoa säätämällä saatiin pintaan "epätasaisuutta", jolloin heijastus ei ole kristallinkirkas, vaan hieman summentunut. Rungon heijastuvuutta ei kuitenkaan haluttu viedä yli, sillä liika heijastuvuus olisi vienyt huomion pois olennaisesta. Pienet heijastukset kuitenkin rikkovat mattapintaista ilmettä. SymBelt -telan telanpäätyihin käytettiin huomattavasti heijastavampaa siniharmaaksi värjätyn metallin materiaalia, mikä vetää katsojan huomion puoleensa. SymBelt-telan pomppaamista kuvasta lievennettiin luomalla hyvin heijastava tumman metallin materiaali pienille teloille ja rungon pienille laitteille ja osille. Erityisen hyvin tämä materiaali pääsi oikeuksiinsa pienempien telojen pinnoilla, missä ne heijastivat ympäristöään joka suuntaan.



KUVIO 11. Projektissa käytettyjä materiaaleja

Läpinäkyviä materiaaleja luotiin Symbelt-telan alapuolella olevan telan päälle aseteltavalle muoville, beltin käsittelyssä käytettävälle lattialle aseteltavalle muoville sekä beltin suojamuoville. Symbelt-telan alapuoliselle telalle aseteltavaan muovin malli toteutettiin cloth-määreellä, jonka ansiosta se asettui uskottavasti telan päälle. Tästä syystä materiaaliin ei tarvinnut asettaa pinnan epätasaisuuksia luovaa karttaa. Muoville määriteltiin väriksi vihertävä, mikä antoi sille erottuvuutta. Testirenderöinnin jälkeen huomattiin vaihtaa muovin valon taittuvuus oikeaksi. Materiaalin valon taittuvuus oli oletuksena lasin vastaava, mikä aiheutti epäuskottavia tuloksia. Beltin käsittelyssä käytettäviin muovi-materiaaleihin käytettiin samaa pohjaa, mutta bump-kartalle asetettiin kohina-määre, mikä lisäsi materiaalin pintaan satunnaisia ryppyjä ja epätasaisuuksia.

Pienemmässä roolissa oleviin materiaaleihin, kuten kumisiin putkiin tai kraanan nostoliinoihin ei panostettu niin paljoa. Niissä käytettiin yksinkertaista mattapintaista Arch & Design -materiaalia eri väreillä. Vaikka Belt on olennaisessa osassa animaatioissa, senkään materiaali ei olennaisesti eronnut edellämainituista mattapintaista materiaaleista. Beltin pinnalle yritettiin luoda kuviota bump-kartalla, mutta kuviosta ei saatu hyvän näköistä, eikä se todennäköisesti olisi lopullisessa videossa näkynytäkään.

Pintamateriaalien lisäksi työssä yritettiin hyödyntää Mental Rayn Production Shader -kirjastoa. Production Shader -kirjasto tuli Mental Rayn versioon 3.6, joka toimitettiin 3ds Max 2008:n mukana. Production Shader -kirjasto ei ole kuitenkaan vielä virallisesti tuettu, joten

se on oletusarvoisesti kytkettynä pois päältä. Konfigurointitiedostoa muokkaamalla lukitut shaderit voidaan kuitenkin avata ja niitä päästään käyttämään. (Zap's Mental Ray Tips 2010.)

Production Shader -kirjastosta yritettiin hyödyntää Background/Environment Switcher -shaderia, jolla voidaan hallita taustaa ja ympäristöä, joka mallin ympärille projisoidaan. Asettamalla shaderin ympäristökartaksi HDRI-pallo, saatiin HDRI-kuva heijastettua mallin pinnalle. Tällä tavoin saatiin luotua uskottavampia ja näyttävämpiä heijastuksia ja kuvaan paljon enemmän syvyyttä. Suuri osa Production Shader -kirjaston shadereista on suunniteltu pääasiassa projekteihin, joissa malli upotetaan valokuvaan. Kirjastoa haluttiin kuitenkin kokeilla tässä projektissa ja arvioida sen mahdollisuuksia. Ongelmia ilmeni kuitenkin renderöintivaiheessa. Toinen renderöivistä koneista ei suostunut ottamaan Production Shader -kirjastoa käyttöönsä, mistä johtuen sen renderöimistä kuvista jäi osa heijastuksista ja valosta pois. Lopputuloksena oli välkkyvä animaatio.

Ongelmaa lähdettiin korjaamaan toteuttamalla heijastuskartta mallin ympärille manuaalisesti. Mallin ympärille luotiin pallo, jonka sisäpinnalle projisoitiin ympäristöä kuvaava HDR-kuva. Kuva asetettiin heijastuskartalle sekä itsevalaisukartalle. Tällä tavoin malli saatiin heijastamaan myös kuvitteellista ympäristöä. Itsevalaisukarttaa käytettiin, koska yhdessä Final Gatherin kanssa se valaisee mallia HDR-kuvan mukaisilla väreillä. Tällaista tekniikkaa kutsutaan Image Based Lightingiksi (IBL).

4.5 Valojen hyödyntäminen

Valaistusta ryhdyttiin miettimään materiaalien kanssa samaan aikaan. Valaistuksen tuli valaista malli kauttaaltaan, mutta olla polttamatta sitä yli. Malliin haluttiin myös näyttävyyttä ja syvyyttä pehmeillä varjoilla. Valaistuksen ensimmäisessä versiossa kokeiltiin soveltaa 3ds Maxin Daylight-systeemiä. Daylight-systeemillä päästiin nopeisiin renderöintiaikoihin ja teräviä varjoja saatiin pehmennettyä ja häivennettyä lisäämällä Mental Rayn taivas-shaderiin utuisuutta. Utuisuus, kuten muutkin arvot Mental Rayn taivas ja aurinko -shadereissa, toimivat fysiikan lakien mukaan. Utuisuutta tai sumua lisäämällä valonsäteet "hajoavat" ja tuloksena taivas värjäytyy kellertävän suuntaan. Varjoista se tekee kuitenkin hämärtyvämpiä. Värinmuunnosta pystyttiin kompensoimaan säätämällä sini-puna-sävyä manuaalisesti.

Daylight-systeemistä kuitenkin luovuttiin, koska säädöistä huolimatta valaistusta ei saatu tarpeeksi muistuttamaan sisätilaa. Valaistuksen toisessa versiossa hyödynnettiin fotometristä valoa sekä standardivaloja eri variaatioin. Fotometrisestä kohdevalosta tehtiin avainvalo, joka valaisi kohdetta yläviistosta. Se asetettiin valaisemaan suorakulmion

muotoiselta alueelta, mikä mahdollisti pehmeät varjot. Avainvalon lisäksi kokeiltiin kahdenlaisia suoria valoja suoraan kohteen ylhäältä. Toinen suora valo asetettiin valaisemaan vain spekulaaresesti, millä pyrittiin lisäämään valon aiheuttamia heijastumia. Toinen valo asetettiin antamaan vain lisävaloa varjoon jääville alueille. Tällä tavoin pimeimmätkin alueet saatiin näkyviin syvyyden kuitenkin kärsimättä.

Lopullinen valaistus toteutettiin luvussa 4.4 mainitulla IBL-tekniikalla ja fotometrisellä kohdevalolla. IBL:n luoma valaistus asetettiin ensin sopivalle tasolle niin, että malli jäi selkeästi vielä hämäräksi. Fotometrinen kohdevalo kohdistettiin SymBelt-telaa kohti, missä koko animaation fokus oli käytännössä koko animaation ajan. Tällä tavoin mallin tärkeimmät kohdat pääsivät huomion keskipisteeseen, mutta mikään alue ei jäänyt täysin hämärään. Ongelmana tässä tekniikassa oli sen raskaus, mutta IBL:n mahdollistamat korkealaatuiset heijastukset ja fotometrisen valon luomat pehmeät varjot koettiin sen verran näyttäväksi, että ratkaisussa pysyttiin.

4.6 Animaation renderöinti

Visualisointiprojektin renderöintimoottorina käytettiin Mental Imagesin kehittämää Mental Rayta. 3ds Maxin oma Scanline Renderer olisi ollut hyvä vaihtoehto renderöintiaikoja ajatellen, mutta sen vaatimattomat ominaisuudet esimerkiksi läpinäkyvyyksien laskennassa pudottivat sen pois.

Animaatiot renderöitiin PNG-kuvasarjaksi. Kun animaatiot renderöidään yksittäisiksi kuviksi, ja yhdistetään jälkikäsitelyssä, saavutetaan hyvä muokattavuus sekä korkea laatu. Kuvakooksi valittiin laajakuva 1024x576, mikä mahdollistaa hyvän laadun koko ruudultakin tarkasteltuna. Kuvanopeudessa noudatettiin PAL-standardia, 25fps.

Mental Ray on monipuolinen renderöintimoottori ja sen asetusten säätämiseen saa helposti kulumaan loputtomasti aikaa. Periaatteessa on mahdollista löytää yleisasetukset, joita voidaan käyttää useimmissa visualisointiprojekteissa, mutta koska jokainen malli on yksilö ja sisältää erilaisia materiaaleja, joita voidaan valaista erilaisilla valoilla, on käytännössä mahdotonta selvittää joka projektista samoilla asetuksilla. Beltinvaihdon visualisoinnissa renderöintiä tarkasteltiin näyttävyyden ja tehokkuuden näkökulmista.

Renderöintiasetuksia suunniteltaessa kokeiltiin Mental Rayn Global Illuminationin ja Final Gatherin yhteistyötä. Global Illuminationin käytöllä pyrittiin vähentämään Final Gatherin usein aiheuttamaa kuvan elämistä varjokohdissa. Global Illuminationin ja Final Gatherin

yhteiskäytöllä saatiin näyttäviä tuloksia aikaan eikä kuvan eläminenkään ollut häiritsevällä tasolla, mutta renderöintiaika kasvoi. Kun mallin valaisuun otettiin avuksi HDR-kuva, pudotettiin Global Illumination pois. HDR-kuva lisäsi huomattavasti näyttävyyttä, mutta renderöintiajat pysyivät melko samoina. Global Illuminationin kytkeminen pois ei kuitenkaan enää vaikuttanut suuremmin kuvan elämiseen, joten se jätettiin lopullisista renderöintiasetuksista pois.

Beltinvaihdossa käytettävissä 3D-malleissa käytettiin paljon heijastavia pintoja, sekä muutamissa malleissa myös läpinäkyvyyttä. Tästä johtuen renderöintiajat nousivat korkeiksi asetuksista huolimatta. Heijastusten ja läpinäkyvyyksien lisäämää laskenta-aikaa saatiin vähennettyä asettamalla heijastusten ja taittumisen maksimiarvo matalammaksi. Käytännössä etsittiin arvo, missä säteitä ei laskettu "turhaan", vaan ne saivat kimpoilla vain niin monesti kuin sillä oli selvästi näkyvää vaikutusta.

Renderöinnissä hyödynnettiin Autodesk Backburner -ohjelmistoa, mikä mahdollisti animaation renderöinnin usealla koneella. Animaation renderöintiin valjastettiin kaksi samantehoista konetta. Molemmilla koneilla pyöri Backburnerin serveri, joka tarkkaili mahdollisia isäntäkoneen (manager) jakamia tehtäviä. Tehtävän huomattuaan serveri käynnisti automaattisesti 3ds Maxin ja rupesi renderöimään vuorossa olevaa kuvaa. Manageria pystytettiin hallitsemaan Backburner Monitorin avulla. Monitorointisovelluksen avulla kyettiin seuraamaan kuinka kauan mihinkin kuvaan oli kulunut aikaa ja arvioimaan koko renderöintiprosessin kestoa. Monitorilla pystytettiin myös priorisoimaan tehtäviä.

4.7 Animaation leikkaus, jälkikäsittely ja julkaisu

Beltinvaihdon visualisoinnissa pyrittiin leikkauksen osalta selkeyteen ja rauhallisuuteen. Periaatteessa leikkaustyö jäi vähäiseksi, sillä animaatio on hyvin pitkälti yhtä suurta kamera-ajoa. Muutamissa kohdissa käytettiin toista kameraa, jonka kuva leikattiin oikeaan kohtaan. Eniten leikkaustyötä vaati beltin käsittely. Fysiikkamoottorilla animoituja sekvenssejä jouduttiin leikkausvaiheessa hiomaan sujuvimiksi.

Jälkikäsittelyssä animaatioon lisättiin aloitus- sekä lopetusruudut. Ruutujen animointi toteutettiin Adobe After Effectsillä hyödyntäen staattista renderöityä taustakuvaa puristinosasta sekä siirtymäefektein ilmestyvää tekstiä. Lisäksi jälkikäsittelyssä korjailtiin väritasapainoa ja valoisuutta sekä erästä renderöityyn kuvaan jäänyttä virhettä. Eräessä kraananostossa näytettiin epäsuositeltava nostotapa, joten se vaihdettiin jälkikäsittelyssä

oikeaan. Nostoliinasta renderöitiin uusi versio ja se yhdistettiin alkuperäiseen renderöintiin After Effectsin puolella.

Animaatio julkaistiin suunnitellusti WMV-formaattiin, 1024x576-resoluutioon. Kuvanopeutena käytettiin fps-25:ttä.

5 TYÖN TULOKSET

Projektin tuloksena syntyi tavoitteita vastannut 3D-animaatio SymBelt-telan beltinvaihdosta ja siihen liittyvistä huoltotoimenpiteistä. Jälkikäteen tarkasteltuna työhön varatut resurssit arvioitiin projektin alussa huomattavan alakanttiin. Resursseissa olisi tullut ottaa huomioon mahdolliset kommentointikierrokset ja revisioinnit. Lisäksi opinnäytteen tekijälle uudet tekniikat, kuten fysiikkamoottorin hyödyntäminen, vei odotettua enemmän resursseja sekä opetellessa että käytettäessä. Resursoinnissa olisi voinut ottaa huomioon myös renderöintiin kuluva aikaa.

Työssä noudatettiin suoraviivaista tuotantoputkea, jonka avulla päästiin hyvään lopputulokseen. Jatkossa toteutettavia projekteja ajatellen tulisi kuitenkin kiinnittää huomiota enemmän esimerkiksi jälkikäsittelyn merkitykseen. Jälkikäsittelyssä voidaan huomattavasti lisätä visualisoinnin tehokkuutta käyttämällä esimerkiksi värejä kiinnittämään katsojan huomiota. Vastaavasti syväterävyyden kaltaisia efektejä voisi hyödyntää enemmän.

Tuotannon sujuvuuden kannalta tulisi kiinnittää enemmän huomiota suunnitelmallisuuteen ja käsikirjoitukseen. Tässä projektissa käsikirjoitus tuli tavallaan asiakkaalta ja kuviot olivat selvillä jo edellisistä vastaavista projekteista. Suunnitelmallisuuden ja käsikirjoituksen merkitystä ei voi kuitenkaan olla korostamatta, sillä siitä visualisoinnista lopulta on kyse: miten katsojalle tehdään selväksi esiteltävä asia?

Tulevissa projekteissa voisi kiinnittää huomiota myös renderöinnin taloudellisuuteen. Jo suunnitteluvaiheessa tulisi miettiä, mitä kannattaa renderöidä. Esimerkiksi "hengähdystaukoja", joissa objektit eivät liiku, ei tarvitse renderöidä koko kestoaltaan, vaan hyödynnetään still-kuvia lisäämällä niille aikaa.

Opinnäytteenä toteutettu 3D-animaatio ja tutkimustyö opettivat opinnäytteen tekijälle paljon visualisointiprojektin etenemisestä ja sen eri vaiheista. Myös tekninen osaaminen kasvoi huomasti.

LÄHTEET

Autodesk. 2010. Viitattu 2.3.2010. <http://www.autodesk.com/3dsmax/>.

Brooker, D. 2008. Essential CG Lighting Techniques With 3ds Max. 3 p. Kiina: Elsevier/Focal Press.

Cardoso, J. & Cusson, R. 2007. Realistic Architectural Visualization With 3ds Max and Mental Ray. Kanada: Elsevier/Focal Press.

Cusson, R., Primeau, S., Schain, S., St-Onge, L. & Yassine, A. 2007. 3ds Max 9 Essentials. USA: Elsevier/Focal Press.

Derakhshani, D., McFarland, J. & Munn, R. 2007. Introducing 3ds Max 9, 3D for Beginners. Indianapolis: Wiley Publishing.

Elokuvantaju. 2009. Viitattu 26.4.2010. <http://elokuvantaju.uiah.fi/index.html>.

Hartikainen, A. 2005. Tuotantokäytössä Adobe Premiere Pro. Helsinki: Eurozoom.

Levy, J. 2001. Digitaalinen videoeditointi. Jyväskylä: Gummerus.

Mental Images. 2010. Viitattu 2.3.2010. <http://www.mentalimages.com/products/mental-ray.html>.

Puhakka, A. 2008. 3D-grafiikka. Helsinki: Esa Print Oy.

Vall d'Hebron. 2010. Viitattu 27.4.2010. <http://www.vhebron.net/>.

Ware, C. 2000. Information Visualization - Perception for Design. San Fransisco: Morgan Kaufmann Publishers.

Woolman, M. 2004. Motion Design. Sveitsi: RotoVision.

Zap's Mental Ray Tips. 2010. Viitattu 20.4.2010. <http://mentalraytips.blogspot.com/>.

LIITTEET

Liite 1. Kuvakaappauksia toteutetusta 3D-animaatiosta

